



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 56 950 A1** 2004.06.24

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 102 56 950.9

(22) Anmeldetag: 05.12.2002

(43) Offenlegungstag: 24.06.2004

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **B60R 21/01**  
B60R 21/34, B62D 25/10

(71) Anmelder:

Siemens Restraint Systems GmbH, 63755  
Alzenau, DE; Benteler Automobiltechnik GmbH,  
33102 Paderborn, DE; Peguform GmbH & Co. KG  
i.Ins., 79268 Bötzingen, DE

(72) Erfinder:

Fischer, Jochem, 73760 Ostfildern, DE;  
Kretschmar, Albrecht, 65618 Selters, DE; Böheim,  
Johannes, 79268 Bötzingen, DE; Hoffmann, Jörg,  
66636 Tholey, DE; Heitzer, Günter, 93102 Pfatter,  
DE

(74) Vertreter:

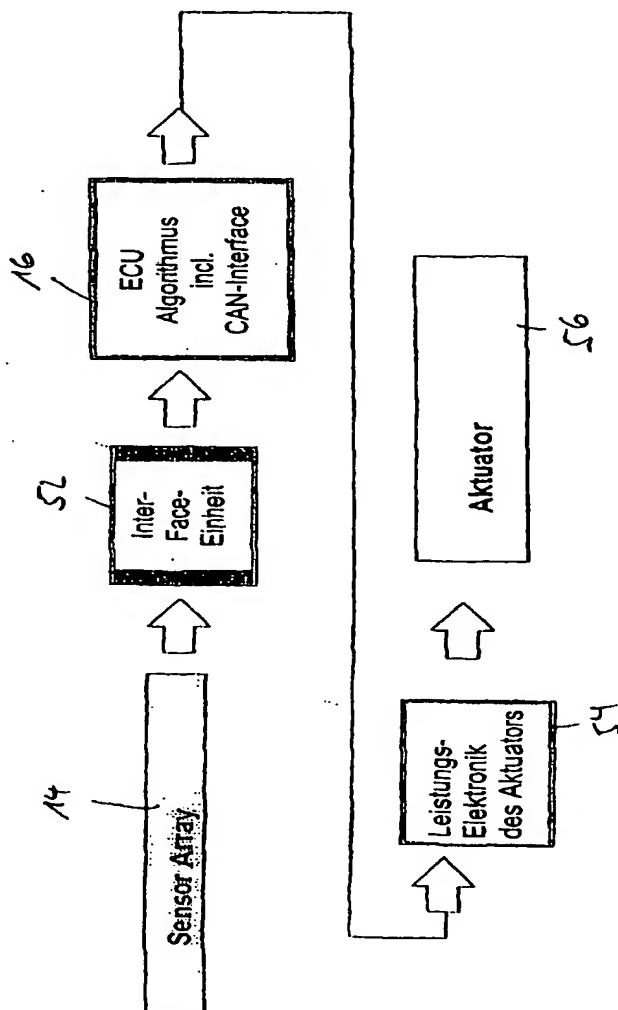
Fink, S., Dipl.-Ing. Univ., Pat.-Anw., 80634  
München

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Fußgängerschutzsystem und Verfahren zum Schutz von Fußgängern**

(57) Zusammenfassung: Ein Fußgängerschutzsystem umfasst eine Sensorik (14, 30), eine Auswerteeinheit (16) und eine Anhebemechanik (110) für eine Motorhaube. Indem beim Aufprall eines Objekts die Deformationsarbeit ermittelt wird und die Intrusionsgeschwindigkeit bestimmt wird, kann ein die Masse des Objekts kennzeichnender Parameter ermittelt werden. Der Fußgängerschutz erfolgt durch Anheben der Motorhaube, da auf diese Weise zusätzlicher Deformationsweg für einen aufschlagenden Fußgänger zur Verfügung gestellt wird. Ob dieser Fußgängerschutz aktiviert werden darf, wird von der Masse und vorzugsweise der Intrusionsgeschwindigkeit sowie von weiteren Größen abhängig gemacht.



## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Fußgängerschutzsystem für ein Fahrzeug, mit einer Sensorik zum Erfassen einer durch einen Aufprall eines Objekts auf das Fahrzeug bewirkten Deformation, Mitteln zum Auswerten der von der Sensorik gelieferten Signale, so dass Informationen über die Charakteristik des Aufpralls geliefert werden können, und einer Vorrichtung zum Anheben einer Haube, insbesondere einer Motorhaube, des Fahrzeugs, die in Abhängigkeit der Informationen über die Charakteristik des Aufpralls betätigt werden kann.

[0002] Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zum Schutz von Fußgängern.

## Stand der Technik

[0003] Derartige Systeme und Verfahren dienen dem Fußgängerschutz im Straßenverkehr. Kommt es zu einem Zusammenstoß zwischen einem Fahrzeug und einem Fußgänger, so zieht dies in vielen Fällen schwerwiegende Verletzungen des Fußgängers nach sich, die mitunter tödlich sein können. Grundsätzlich müssen daher Zusammenstöße von Fußgängern und Fahrzeugen vermieden werden. Dies stellt sowohl Anforderungen an das Verhalten von Fußgängern im Straßenverkehr, das Fahrverhalten von Fahrzeugführern als auch an die Entwicklungsrichtung von Fußgängerschutzsystemen.

[0004] Aber auch wenn derzeit die Unfallzahlen im Straßenverkehr vielfach rückläufig sind, was insbesondere auch der sich weiterentwickelnden Sicherheitstechnik zu verdanken ist, ändert dies nichts an der Gefahr für einen Fußgänger, falls es trotz größter Vorsicht und kochentwickelter Sicherheitstechnik dennoch zu einem Zusammenstoß kommt. Häufig schlägt ein Fußgänger nach dem Zusammenstoß mit einem Fahrzeug mit dem Kopf auf der Motorhaube auf, wobei er sich ernsthafte Schädel- und Gehirnverletzungen zuzieht. Da im Allgemeinen und insbesondere bei modernen bauraumoptimierten Fahrzeugen nur ein sehr geringer Freiraum unter der Motorhaube vorgesehen ist, wird der Aufprall des Kopfes um so härter, da nach Deformation der Motorhaube die verbleibende kinetische Energie des Aufpralls sehr rasch von den im Motorraum angeordneten Komponenten aufgenommen wird, dabei sehr häufig von dem praktisch nicht deformierbaren Motorblock. Um dies zu vermeiden, wäre bei einer Aufprallgeschwindigkeit von beispielsweise 40 km/h ein Freiraum unter einer aus herkömmlichen Materialien gefertigten Motorhaube von etwa 70 mm erforderlich, was mit derzeitigen Fahrzeugkonzepten schwer zu realisieren ist.

[0005] Beispielsweise in der DE 100 30 465 A1 wurde bereits vorgeschlagen, Sensoren im Frontbereich des Fahrzeugs anzubringen, die in der Lage sind, einen Aufprall zu erkennen und mit hoher Wahrscheinlichkeit zu entscheiden, ob es sich um einen Fußgänger-

geraufprall handelt. In diesem Fall werden Airbags gezündet, die den Aufprall des Kopfes des Fußgängers auf die Motorhaube verhindern beziehungsweise dämpfen.

[0006] Ein anderes System ist aus der DE 199 46 408 A1 bekannt. Durch die Verwendung von Pre-Crash-Sensoren kann der unmittelbar bevorstehende Aufprall eines Objekts vorhergesehen werden. Um zusätzlichen Freiraum unter der Motorhaube zu schaffen und so einen ausreichenden Deformationsweg zur Verfügung zu stellen, wird die Motorhaube im hinteren Bereich angehoben.

[0007] Bei einem weiteren System, das in der EP 1 078 826 A1 offenbart ist, findet auch eine Anhebung der Motorhaube zur Dämpfung des Aufpralls statt, allerdings erst nach dem Erfassen des Kontakts zwischen dem Fahrzeug und dem Fußgänger durch an der Vorderkante der Motorhaube angeordnete Sensoren.

[0008] Die genannten Systeme bieten zusätzlichen Schutz für Fußgänger, sie sind jedoch alle auch mit Nachteilen verbunden.

[0009] Bei dem System der DE 100 30 465 A1 kann zwar mit einiger Zuverlässigkeit entschieden werden, ob das aufrallende Objekt ein Fußgänger ist, wobei jedoch in Kauf genommen werden muss, dass der Fußgänger mit einem Sensor im Stoßfänger und mit einem Sensor in der Motorhaube in Kontakt kommt. Aus der Zeitdifferenz kann dann ermittelt werden, ob es sich mit großer Wahrscheinlichkeit um einen Fußgänger handelt. Diese Zeitdifferenz geht jedoch für eine Reaktion des Systems verloren, so dass aus diesem Grund sehr schnellwirkende Mittel zur Verfügung gestellt werden müssen, beispielsweise extrem schnell zündende Airbags. Diese sind aber nicht reversibel, was von Nachteil ist.

[0010] Bei der DE 199 46 408 A1 besteht insbesondere das Problem, dass mittels Pre-Crash-Sensoren, die beispielsweise auf Radar basieren, keine ausreichende Sicherheit beim Erkennen eines bevorstehenden Aufpralls gegeben ist. Zudem sind die Systeme beim Erkennen der Art des Objekts noch sehr unzuverlässig.

[0011] Bei dem weiteren System gemäß der EP 1 078 826 A1 ist ebenfalls vorgesehen, einen Aufprall des Fußgängers auf der Motorhaube zu detektieren. Es werden allerdings keine zuverlässigen Entscheidungskriterien angeboten, um den Fußgänger aufprall beispielsweise von einem Aufprall eines sonstigen Objektes zu unterscheiden.

[0012] Bezüglich letztgenannter Problematik wurde in der US 6,212,456 B1 vorgeschlagen, eine Vielzahl von Sensoren zu verwenden, die ein druckabhängiges Ausgangssignal liefern. Die Gesamtheit der Sensoren liefert somit ein Druckmuster, was mit gespeicherten charakteristischen Druckmustern verglichen werden kann. Auf diese Weise können verschiedene Objekte voneinander unterschieden werden. Somit steht zwar ein System zur Verfügung, das mit großer Zuverlässigkeit nur dann Maßnahmen zur Dämpfung

eines Aufpralls bereitstellt, wenn dies erforderlich sind, wobei allerdings ein hoher Aufwand getrieben wird, der insbesondere mit der großen Anzahl der erforderlichen Sensoren in Verbindung steht.

[0013] Es ist sehr wichtig für ein zuverlässiges und sicheres Arbeiten von Fußgängerschutzsystemen, dass der Aufprall eines Fußgängers von sonstigen Ereignissen unterschieden werden kann. Beispielsweise will man verhindern, dass Maßnahmen zur Dämpfung des Aufpralls ergriffen werden, wenn lediglich ein Parkrempler vorliegt, wenn ein Aufprall auf ein starres Hindernis, beispielsweise einen Baum erfolgt, wenn Kleintiere vom fahrenden Fahrzeug erfasst werden oder auch wenn ein Aufprall auf das Fahrzeug bei hoher Relativgeschwindigkeit zu dem Objekt, das heißt im Allgemeinen bei hoher Fahrzeuggeschwindigkeit erfolgt.

[0014] Aus der EP 1 209 366 A1 ist eine Betätigungsvorrichtung für den Einsatz in Kraftfahrzeugen, mit einem ein komprimiertes Druckmedium bevorratenden Speicher und einem pneumatischen Aktor bekannt, bei der der Speicher und der pneumatische Aktor miteinander verbunden sind und die Verbindung mittels eines Ventils verschließbar ist und bei der der pneumatische Aktor einen axial und radial elastischen Schlauch umfasst, wobei sich durch Druckbeaufschlagung des pneumatischen Aktors der Durchmesser des Schlauches vergrößert und die Länge des Schlauches verkürzt. Die durch die Verkürzung des Schlauches nutzbare Wegstrecke dient zur Betätigung einer weiteren, nachgeordneten Vorrichtung.

[0015] Wenn im Rahmen der vorliegenden Offenbarung von einem Fußgänger die Rede ist, so ist dies sehr allgemein zu verstehen. Selbstverständlich können auch Fahrradfahrer, Rollschuhfahrer oder sonstige Verkehrsteilnehmer dem stellvertretend verwendeten Begriff Fußgänger im Sinne der verbesserten Sicherheit im Straßenverkehr untergeordnet werden.

[0016] Unter Betätigungsvorrichtung im Rahmen der vorliegenden Offenbarung sind vorwiegend Vorrichtungen zu verstehen, die auf ein Signal hin unter Hinzunahme von Hilfsenergie definierte Aktionen in Gang setzen.

#### Aufgabenstellung

[0017] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Fußgängerschutzsystem und ein Verfahren zum Schutz von Fußgängern zu schaffen, die die Nachteile des Standes der Technik beseitigen, wobei insbesondere der Aufprall eines Fußgängers zuverlässig und mit kostengünstigen Mitteln erkannt werden kann, um insbesondere zu entscheiden, ob ein Fußgängerschutz aktiviert werden soll und wobei eine mechanische Betätigung mit schnellem Ansprechverhalten beziehungsweise kleiner Verstellzeit vorgesehen ist.

[0018] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst.

[0019] Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

[0020] Die Erfindung baut auf dem gattungsgemäßen System dadurch auf, dass die Mittel zum Auswerten der bewirkten Deformationen eine Deformationsarbeit ermitteln können, dass die Mittel zum Auswerten unter Berücksichtigung von Zeitinformation, die von der Sensorik erfasst wird, eine Intrusionsgeschwindigkeit des Objekts ermitteln können, dass unter Berücksichtigung der Deformationsarbeit und der Intrusionsgeschwindigkeit ein die Masse des Objekts kennzeichnender Parameter ermittelbar ist und dass die Intrusionsgeschwindigkeit und die Masse des Objekts berücksichtigt werden, um zu entscheiden, ob die Vorrichtung zum Anheben der Haube betätigt wird. Im Rahmen des erfindungsgemäßen Systems geht man davon aus, dass die gesamte kinetische Energie, die sich aus der Relativgeschwindigkeit von Objekt und Fahrzeug und aus der Objektmasse ergibt, in Deformationsarbeit umgewandelt wird. Kennt man diese Deformationsarbeit auf der Grundlage der Auswertung der Sensoren und weiterhin die Intrusionsgeschwindigkeit des Objekts, das heißt im Idealfall die unverminderte Geschwindigkeit im Moment des Aufpralls, so kann aus diesen Ausgangsgrößen die Masse des Objekts beziehungsweise ein die Masse des Objekts kennzeichnender Parameter ermittelt werden. Damit liegt ein zuverlässiges Kriterium vor, auf dessen Grundlage das Auslösen eines Fußgängerschutzes gestattet oder verhindert werden kann.

[0021] Das erfindungsgemäße Fußgängerschutzsystem ist insbesondere dadurch vorteilhaft, dass die Mittel zum Auswerten die Deformationsarbeit auf der Grundlage einer gespeicherten Tabelle und/oder einer Berechnung ermitteln. Die Tabelle oder Berechnung stellt unterschiedliche Deformationsmuster mit der im Fahrzeug deponierten Deformationsarbeit in Beziehung, so dass in Kenntnis des Deformationsmusters die Deformationsarbeit als eine der Ausgangsgrößen für die Ermittlung der Masse beziehungsweise des Massenparameters zur Verfügung steht.

[0022] Besonders nützlich ist es, dass der die Masse des Objekts kennzeichnende Parameter nach der Beziehung

$$m_0 = k \cdot \frac{W_{Def}}{v_0^2}$$

berechenbar ist, wobei

$m_0$ : Masse,

$W_{Def}$ : Deformationsarbeit,

$v_0$ : Intrusionsgeschwindigkeit, beim ersten Kontakt zu einem Zeitpunkt  $t_0$ ,

$k$ : Konstante.

[0023] Diese Beziehung ergibt sich aus der Energiebilanz des Aufpralls, indem man davon ausgeht, dass die gesamte kinetische Energie des Aufpralls letztlich in Deformationsarbeit umgesetzt wird. Das Frontend

ist so ausgelegt, dass diese Annahme für den Aufprall von Fußgängern in guter Näherung zutrifft.

[0024] Das erfindungsgemäße Fußgängerschutzsystem ist in besonders vorteilhafter Weise dadurch weitergebildet, dass aus dem die Masse des Objekts kennzeichnenden Parameter eine effektive Masse nach der Beziehung

$$m_{\text{eff}} = f_{\text{dyn}} \cdot m_0$$

berechenbar ist, wobei

$m_0$ : Masse,

$m_{\text{eff}}$ : effektive Masse,

$f_{\text{dyn}}$ : Dynamikfaktor.

[0025] Der Dynamikfaktor ergibt sich aus der Dynamik des Signalverlaufs. Durch einen solchen Dynamikfaktor wird beispielsweise berücksichtigt, dass die kinetische Energie nicht ausschließlich in Form von Deformationsarbeit im Fahrzeug umgesetzt wird, sondern dass beispielsweise das Bein eines Fußgängers, das auf die Sensorik aufprallt, ebenfalls eine Deformation erfährt. In diesem Sinne ist der Dynamikfaktor ein Korrekturterm, der die realen Verhältnisse beim Aufprall berücksichtigt.

[0026] Das erfindungsgemäße Fußgängerschutzsystem ist in besonders vorteilhafter Weise dadurch weitergebildet, dass bei einer Masse  $m_0$  beziehungsweise einer effektiven Masse  $m_{\text{eff}}$  zwischen ca. 5 kg und 20 kg ein Aktivieren eines Fußgängerschutzes möglich ist und dass bei einer Masse  $m_0$  beziehungsweise einer effektiven Masse  $m_{\text{eff}}$  kleiner als ca. 5 kg und größer als 20 kg ein Aktivieren eines Fußgängerschutzes verhindert wird. Auf diese Weise wird ein Massenfenster zur Verfügung gestellt, das nur in dem Fall das Aktivieren des Fußgängerschutzes ermöglicht, wenn mit großer Wahrscheinlichkeit der Aufprall eines Fußgängers vorliegt. Es wird verhindert, dass bei effektiven Massen unterhalb von etwa 5 kg, ein Fußgängerschutz aktiviert wird, so dass hierdurch beispielsweise das Auslösen des Fußgängerschutzes bei Zusammenstößen mit Kleintieren verhindert wird. Ebenfalls soll ein Aktivieren des Fußgängerschutzes bei effektiven Massen oberhalb von 20 kg verhindert werden. Dies hat den Vorteil, dass bei Systemen, bei denen der Fußgängerschutz im Aufstellen der Motorhaube besteht, dieses beispielsweise beim Aufprall auf eine Mauer oder auf einen Baum verhindert wird. So wird vermieden, dass die aufgestellte Motorhaube die Insassen des Fahrzeugs zusätzlich gefährdet, indem diese nämlich durch die Windschutzscheibe in den Fahrzeuginnenraum geschoben würde.

[0027] Ebenfalls ist es besonders nützlich, dass bei einer Intrusionsgeschwindigkeit zwischen ca. 20 km/h und 60 km/h ein Aktivieren eines Fußgängerschutzes möglich ist und dass bei einer Intrusionsgeschwindigkeit kleiner als ca. 20 km/h und größer als 60 km/h ein Aktivieren eines Fußgängerschutzes verhindert wird. Auch hierdurch wird beispielsweise bei Zusammenstößen mit niedriger Geschwindigkeit ein

Auslösen des Fußgängerschutzes verhindert. Bei Zusammenstößen mit hoher Geschwindigkeit soll dies auch verhindert werden, da wiederum eine zusätzliche Gefährdung der Insassen des Kraftfahrzeugs vermieden werden soll.

[0028] Die Erfindung ist in besonders vorteilhafter Weise dadurch weitergebildet, dass die Sensorik mehrere Sensoren mit mehreren sensitiven Bereichen umfasst, wobei sich die sensitiven Bereiche an verschiedenen Orten des Fahrzeugs, insbesondere der Fahrzeugfront, befinden. Durch die Maßnahme, dass ein Sensor mehrere sensitive Bereiche aufweist, kann die Anzahl der erforderlichen Sensoren erheblich verringert werden. Dabei nimmt man bewusst in Kauf, dass Information bezüglich des Aufprallortes zumindest teilweise verloren geht. Dies ist vor dem Hintergrund verständlich, dass in den meisten Systemen ohnehin nur eine einzige Maßnahme zur Verfügung steht, um den Aufprall zu dämpfen, sei es durch einen Airbag oder, wie vorzugsweise im Rahmen des erfindungsgemäßen Systems, durch das Anheben der Motorhaube im hinteren Bereich. Auch wenn die Information bezüglich des Aufprallortes verloren geht, so bleibt doch als wesentliche Information diejenige über die Charakteristik des Aufpralls erhalten. So kann beispielsweise der Aufprall eines Fußgängers von einem Parkrempler unterschieden werden.

[0029] Das erfindungsgemäße Fußgängerschutzsystem ist in besonders vorteilhafter Weise dadurch weitergebildet, dass die Sensoren beziehungsweise die sensitiven Bereiche der Sensoren entlang einem Stoßfänger des Fahrzeugs angeordnet sind. Auf diese Weise wird der Forderung Rechnung getragen, dass der Aufprall des Fußgängers möglichst frühzeitig erfasst wird, das heißt bei der Verwendung von Kontaktsensoren durch eine Anordnung von Sensoren möglichst weit vorne am Fahrzeug. Ein einzelner Sensor kann sich so beispielsweise über die gesamte Länge des Stoßfängers erstrecken, wobei eine Vielzahl sensitiver Bereiche zur Erfassung der Charakteristik des Aufpralls entlang der Länge des Sensors vorgesehen sind.

[0030] Es kann nützlich sein, dass die einem Sensor zugehörigen sensitiven Bereiche in regelmäßigen Abständen entlang einem Stoßfänger des Fahrzeugs angeordnet sind. Auf diese Weise kann ein Sensor den gesamten Bereich über den er sich erstreckt, mit gleichmäßiger Charakteristik abdecken.

[0031] Ebenfalls kann es nützlich sein, dass sensitive Bereiche benachbarter Sensoren zueinander versetzt beziehungsweise nebeneinander angeordnet sind, so dass beim Aufprall eines Objekts von benachbarten Sensoren Signale mit unterschiedlichen Intensitäten geliefert werden. Wären die sensitiven Bereiche benachbarter Sensoren nicht versetzt angeordnet, das heißt bei Längserstreckung der Sensoren entlang dem Stoßfänger des Fahrzeugs untereinander, so würden die Sensoren in vielen Fällen mit gleicher oder ähnlicher Deformation beaufschlagt

und somit gleiche oder ähnliche Signalintensitäten liefern. Indem nun die Sensoren versetzt angeordnet werden, liefern diese im Allgemeinen unterschiedliche Signalintensitäten, die wiederum zur Ermittlung der Aufprallcharakteristik und somit zur Erkennung des Objektes verwendet werden können.

[0032] Weiterhin ist das erfindungsgemäße Fußgängerschutzsystem besonders dadurch in vorteilhafter Weise ausgebildet, dass die Sensoren optische Fasersensoren sind, an deren einem Ende Licht eingekoppelt werden kann und an deren anderem Ende die Intensität von austretendem Licht gemessen werden kann, dass die sensitiven Bereiche der Sensoren durch Veränderung der Oberfläche der optischen Fasersensoren geschaffen sind und dass in Abhängigkeit der Deformation der sensitiven Bereiche mehr oder weniger Licht aus den sensitiven Bereichen ausgekoppelt werden kann, so dass die gemessene Intensität von austretendem Licht als Maß für die Deformation der sensitiven Bereiche verwendet werden kann. Derartige Sensoren, beispielsweise aus Polymethylmethacrylat, eignen sich aus mehreren Gründen besonders für die Realisierung der vorliegenden Erfindung. Die optischen Fasersensoren sind flexibel, sie haben ein geringes Gewicht, eine große mechanische Belastbarkeit, und sind temperaturunempfindlich. Weiterhin gibt es keine Probleme im Hinblick auf die elektromagnetische Verträglichkeit. Die optischen Fasersensoren sind vorzugsweise in einem Matrixmaterial eingebettet. Bei nicht gebogenem Fasersensor tritt aus dem sensitiven Bereich eine bestimmte Lichtmenge aus, die aus den geometrischen Verhältnissen resultiert. Wird der Sensor gebogen, so kann dies zu einer Beeinflussung der austretenden Lichtintensität führen, was sich im Wesentlichen aus den Gesetzen der geometrischen Optik ergibt.

[0033] Das erfindungsgemäße Fußgängerschutzsystem ist insbesondere dadurch vorteilhaft weitergebildet, dass eine Betätigungsvorrichtung vorgesehen ist, welche eine Druckversorgungseinrichtung und einen mit der Druckversorgungseinrichtung mittels eines Ventils verbundenen Aktor, insbesondere einen pneumatischen Aktor aufweist, dass die Vorrichtung zum Anheben der Haube mit der Betätigungsvorrichtung verbindbar ist und durch Druckbeaufschlagung des Aktors betätigbar ist und dass die Vorrichtung zum Anheben der Motorhaube wenigstens ein Hauben-Halteelement und wenigstens einen Riegel aufweist, wobei bei Betätigung der Vorrichtung das Hauben-Halteelement in eine Entriegelungsstellung verstellbar ist. Durch die Verwendung einer Druckversorgungseinrichtung als Energiequelle wird eine autark arbeitende Einheit geschaffen, wobei die nachgeschaltete Vorrichtung zum Anheben der Motorhaube die durch Kontraktion des pneumatischen Aktors zur Verfügung stehende Längskraft nutzt, um die Verriegelung der Vorrichtung zum Anheben der Motorhaube zu lösen. Durch den Riegel wird verhindert, dass die Motorhaube von Hand an-

gehoben werden kann. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die Vorrichtung zum Anheben der Motorhaube reversible Eigenschaften hat, was beispielsweise bei Aktoren mit Sprengsätzen nicht der Fall wäre.

[0034] Es ist besonders vorteilhaft, dass die Betätigungsvorrichtung und die Vorrichtung zum Anheben der Motorhaube mittels eines Zwischenelementes miteinander verbunden sind. Durch das Vorsehen eines Zwischenelementes ist die Flexibilität der Sicherheitseinrichtung gewährleistet, da somit die Betätigungsvorrichtung und die Vorrichtung zum Anheben der Motorhaube separat herstellbar und austauschbar sind.

[0035] Ebenfalls ist es besonders nützlich, dass das Hauben-Halteelement um eine Halteelement-Achse schwenkbar ist und mit einem Tragelement verbunden ist, wobei das Tragelement wenigstens einen, vorzugsweise zwei Schlitze aufweist, in dem die Achse in einen Entriegelungs- beziehungsweise einen Verriegelungszustand gleitet. Das Vorsehen eines Tragelementes sowie die Anbindung des Hauben-Halteelementes mittels einer drehbaren Achse an dieses Tragelement ist besonders vorteilhaft, da somit die Vorrichtung zum Anheben der Motorhaube stabil und zuverlässig ausgebildet wird. Durch das Vorsehen von Schlitzen in dem Tragelement wird auf eine einfache Weise nicht nur die Drehung des Hauben-Halteelementes um die Achse ermöglicht, sondern auch seine lineare Verschiebung.

[0036] Besonders vorteilhaft ist, dass der Schlitz an einem Ende des Tragelementes vorgesehen ist, welches der Betätigungsvorrichtung zugewandt ist, wobei der Schlitz derart dimensioniert ist, dass seine Länge der Verkürzung des Aktors bei einer Druckbeaufschlagung im Wesentlichen entspricht. Durch diese Maßnahme wird erreicht, dass das Hauben-Halteelement die Motorhaube bis zu einer gewünschten Höhe anhebt. Darüber hinaus wird die kinetische Energie durch die Druckbeaufschlagung des komprimierten Mediums vollständig benutzt.

[0037] Es kann nützlich sein, dass der wenigstens eine Riegel derart ausgebildet ist, dass ein erster Teil des Riegels im Wesentlichen U-förmig ausgebildet ist und mit dem Tragelement schwenkbar verbunden ist und ein zweiter Teil des Riegels mittels einer Zwischenelement-Achse mit dem Zwischenelement verbindbar ist. Durch diese feste Verbindung des Riegels an dem Tragelement wird die Stabilität der Vorrichtung zum Anheben der Motorhaube wesentlich erhöht. Durch die Verbindung des zweiten Teil des Riegels mittels der Zwischenelement-Achse mit dem Zwischenelement wird die Verbindung zwischen der Betätigungsvorrichtung und der Vorrichtung zum Anheben der Motorhaube gewährleistet.

[0038] Es ist besonders vorteilhaft, dass der zweite Teil des wenigstens einen Riegels schienenförmig ausgebildet ist und die Zwischenelement-Achse bei einer Druckbeaufschlagung in der Schiene läuft. Dadurch wird erreicht, dass einerseits der Riegel eine

aktive Verbindung zwischen den beiden Vorrichtungen darstellt und, dass andererseits eine Fehlentriegelung nicht möglich ist.

[0039] Besonders vorteilhaft ist, dass die Halteelement-Achse und die Zwischenelement-Achse an ihren beiden Enden fest mittels mindestens einer Achsenverbindung miteinander verbunden sind. Durch diese feste Verbindung wird ermöglicht, dass der schienenförmige Teil des Riegels parallel zu dem Schlitz des Tragelementes angeordnet wird. Dadurch wird erreicht, dass die Halteelement-Achse in eine Endposition gelangt, in der die Haubenhalte-Elemente die Motorhaube in einer erhöhten Position anheben.

[0040] Es ist besonders vorteilhaft, dass der zweite Teil des wenigstens einen Riegels einteilig mit dem ersten im Wesentlichen U-förmigen Teil des Riegels ausgebildet ist, wobei der zweite Teil als Verlängerung von einem der einander gegenüberliegenden U-Teile ausgebildet ist und in Bezug auf diesen U-Teil einen Winkel  $\alpha$  einschließt, wobei  $\alpha$  gleich oder vorzugsweise größer als  $90^\circ$  ist. Diese einteilige Ausformung des Riegels erhöht seine Stabilität, wobei auch eine andere Form des ersten Riegelteils als die U-Form vorgesehen werden kann. Darüber hinaus wird durch diese vorteilhafte Ausbildung eine kleinere Abweichung der inaktiven Position des Riegels in Bezug auf das Tragelement bei Betätigung der Vorrichtung ermöglicht.

[0041] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform sieht vor, dass ein zweites Hauben-Halteelement vorgesehen ist, welches an einem der Betätigungsvorrichtung abgewandten Ende des Tragelementes schwenkbar befestigt ist, wobei die beiden Hauben-Halteelemente synchron betätigbar sind. Das Vorsehen eines zweiten Hauben-Halteelementes erfordert einen kleinen zusätzlichen Aufwand und erhöht die Stabilität und die Zuverlässigkeit der Haubenhaltung als Ganzes. Darüber hinaus kann vorgesehen werden, dass die beiden Hauben-Halteelemente an ihren oberen, mit der Haube angrenzenden Enden mittels eines Verbindungselementes miteinander in Verbindung stehen.

[0042] Es ist besonders vorteilhaft, dass das U-förmige Teil des Riegels und die Halteelement-Achse derart dimensioniert sind, dass in Verriegelungsposition die Halteelement-Achse mit dem U-förmigen Teil des Riegels form- und/oder kraftschlüssig zusammenwirkt. Durch diese Ausbildung wird erreicht, dass die Halteelement-Achse, um die das Halteelement schwenkbar ist, als Riegelgegenstück benutzt wird.

[0043] Eine besonders vorteilhafte Ausbildung der Erfindung sieht vor, dass die Hauben-Halteelemente derart miteinander verbunden sind, dass eine trapezförmige Haubenhaltung gebildet ist. Dabei bilden die beiden Halteelemente die beiden Trapezschenkel.

[0044] Es ist besonders vorteilhaft, dass die Druckversorgungseinrichtung der Betätigungsvorrichtung eine Pumpe, insbesondere eine Mikropumpe, und ei-

nen zwischen der Pumpe und dem Ventil angeordneten Druckspeicher aufweist, wobei das Ventil ein Hochgeschwindigkeitsventil ist. Durch das Öffnen des Ventils wird die Verbindung zwischen der Druckversorgungseinrichtung und dem pneumatischen Aktor hergestellt. Infolge des Öffnens des Ventils wird der pneumatische Aktor durch das komprimierte und bevorratete Druckmedium beaufschlagt, und zwar mit einer hohen Geschwindigkeit.

[0045] Weiterhin ist es nützlich, dass die Druckversorgungseinrichtung der Betätigungseinrichtung eine Pumpe, insbesondere eine Mikropumpe aufweist, welche mit dem Ventil verbunden ist, wobei ein Druckspeicher vorgesehen ist, welcher sich zur Reduzierung des von der Druckversorgungseinrichtung beanspruchten Bauraums in den Aktor erstreckt.

[0046] Besonders vorteilhaft ist, dass der Aktor einerseits fest mit der Druckversorgungseinrichtung verbunden ist, wobei vorzugsweise eine Pendelanbindung vorgesehen ist, und andererseits mittels des Zwischenelementes mit der Betätigungseinrichtung verbunden ist. Diese Maßnahme führt zu einer erhöhten Sicherheit der Verbindung.

[0047] Der Aktor kann vorzugsweise durch Druckluft, Gas oder Flüssigkeit betätigt werden.

[0048] Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zum Schutz von Fußgängern zur Durchführung mit einem erfindungsgemäßen System. Auf diese Weise werden die Vorteile und Besonderheiten des erfindungsgemäßen Systems auch im Rahmen eines Verfahrens umgesetzt.

[0049] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass über die Bestimmung der Deformation bei einem Aufprall und die Erfassung von Zeitinformation eine Massenbestimmung möglich ist, die letztlich als Entscheidungskriterium für ein Auslösen eines Fußgängerschutzes herangezogen werden kann. Indem die Fußgängererkennung auf der Grundlage von Sensoren mit mehreren sensitiven Bereichen erfolgt, kann die Anzahl der Sensoren stark verringert werden, was eine erhebliche Einsparung von Kosten mit sich bringt. Diese Kosteneinsparung resultiert sowohl aus der Reduzierung der Sensoren selbst als auch aus der einfacheren Ausgestaltung der Auswertelektronik. Die mit der Anhebemechanik in Verbindung stehenden Merkmale der Erfindung ermöglichen eine zuverlässige Auslegung des Systems, einerseits, was das Anheben der Haube betrifft, und andererseits, was die Verriegelung der Haube betrifft.

#### Ausführungsbeispiel

[0050] Die Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen anhand bevorzugter Ausführungsformen beispielhaft erläutert.

[0051] Es zeigen:

[0052] Fig. 1 einen Abschnitt eines Kraftfahrzeugs mit einem erfindungsgemäßen System;

[0053] Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Objekts vor dem Aufprall auf ein Fahrzeug;

[0054] **Fig. 3** eine schematische Darstellung eines Objekts nach dem Aufprall auf ein Fahrzeug;  
 [0055] **Fig. 4** eine schematische Darstellung eines weiteren Objekts nach dem Aufprall auf ein Fahrzeug;  
 [0056] **Fig. 5** ein Flussdiagramm zur Erläuterung eines erfindungsgemäßen Verfahrens;  
 [0057] **Fig. 6** eine Kontaktsensoranordnung und ein eindringendes Objekt;  
 [0058] **Fig. 7** drei Beispiele von Kontaktsensoranordnungen mit mehreren sensitiven beziehungsweise aktiven Bereichen;  
 [0059] **Fig. 8** eine Draufsicht auf das vordere Ende eines Kraftfahrzeugs zur Erläuterung der Anordnung von Sensoren;  
 [0060] **Fig. 9** eine geschnittene Seitenansicht eines vorderen Bereiches eines Kraftfahrzeugs zur Erläuterung der Bereitstellung einer Verformbarkeit;  
 [0061] **Fig. 10** eine geschnittene Seitenansicht eines vorderen Bereiches eines Kraftfahrzeugs zur Erläuterung einer weiteren Möglichkeit zur Bereitstellung einer Verformbarkeit;  
 [0062] **Fig. 11** einen Ausschnitt aus einem optischen Fasersensor mit einem sensitiven Bereich in drei verschiedenen Zuständen;  
 [0063] **Fig. 12** eine Anordnung optischer Fasersensoren mit Lichtquelle und Detektoren;  
 [0064] **Fig. 13** ein Blockdiagramm zur Erläuterung des Systemaufbaus;  
 [0065] **Fig. 14** eine Seitenansicht einer bevorzugten Anhebemechanik für ein erfindungsgemäßes Fußgängerschutzsystem in der Ruheposition;  
 [0066] **Fig. 15** eine Seitenansicht der in **Fig. 14** gezeigten Ausführungsform in der Arbeitsposition;  
 [0067] **Fig. 16** eine perspektivische Darstellung einer bevorzugten Anhebemechanik in der Ruheposition;  
 [0068] **Fig. 17** eine vergrößerte perspektivische Darstellung der Vorrichtung zum Anheben der Motorhaube gemäß **Fig. 16** in Ruheposition;  
 [0069] **Fig. 18** eine vergrößerte perspektivische Darstellung der Vorrichtung zum Anheben der Motorhaube mit einem Zwischenelement gemäß **Fig. 16** in der Arbeitsposition;  
 [0070] **Fig. 19** eine vergrößerte perspektivische Darstellung der Vorrichtung zum Anheben der Motorhaube mit einem Zwischenelement gemäß **Fig. 16** in der Endposition;  
 [0071] **Fig. 20** eine perspektivische Darstellung einer Betätigungsvorrichtung in einer ersten Ausführungsform in der Ruheposition gemäß **Fig. 14**;  
 [0072] **Fig. 21** eine perspektivische Darstellung einer Betätigungsvorrichtung gemäß **Fig. 14** mit einem Druckspeicher;  
 [0073] **Fig. 22** eine perspektivische Darstellung einer Betätigungsvorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform; und  
 [0074] **Fig. 23** eine perspektivische Darstellung einer Betätigungsvorrichtung gemäß **Fig. 22** mit einer Pendelanbindung.

[0075] **Fig. 1** zeigt einen Abschnitt eines Kraftfahrzeugs mit einem erfindungsgemäßen System. Ein Kraftfahrzeug 12 mit einem Stoßfänger 20 und einer Motorhaube 60 ist dargestellt. Die Motorhaube 60 ist einmal mit durchgezogener Linie im geschlossenen Zustand dargestellt und weiterhin im angehobenen Zustand durch eine unterbrochene Linie. Dieses Anheben der Motorhaube 60 soll im Falle eines Zusammenstoßes mit einem Fußgänger erfolgen, damit auf diese Weise zusätzlicher Freiraum unter der Motorhaube geschaffen wird, so dass durch hierdurch entstehenden Deformationsweg der Aufprall des Fußgängers auf der Motorhaube 60 gedämpft wird. Das Anheben wird durch einen im Bereich der Anhebemechanik 58 angeordneten nicht dargestellten Aktuator bewirkt. Um den Aufprall des Fußgängers frühzeitig zu erkennen, sind am vorderen Ende des Stoßfängers 20 Sensoren 14 angeordnet. Diese erstrecken sich vorzugsweise über die gesamte Breite des Kraftfahrzeugs 12, das heißt über die Länge der Stoßstange 20, um einen Fußgängeraufprall an all diesen Stellen erfassen zu können.

[0076] **Fig. 2** zeigt eine schematische Darstellung eines Objekts 10 vor dem Aufprall auf ein Fahrzeug 12. Da sich das Objekt 10 vor dem Aufprall auf das Fahrzeug 12 befindet, liegt eine Relativgeschwindigkeit  $v_0 \neq 0$  vor, die im Moment des Aufpralls die Intrusionsgeschwindigkeit des Objekts 10 in das Fahrzeug 12 sein wird. Bei einem Objekt mit der Masse  $m_0$  liegt somit eine kinetische Energie  $E_{kin}$

$$E_{kin} = 0,5 \cdot m_0 \cdot v_0^2$$

vor.

[0077] **Fig. 3** zeigt eine schematische Darstellung eines Objekts 10 nach dem Aufprall auf ein Fahrzeug 12. Nach dem Aufprall des Objekts 10 auf das Fahrzeug 12 kann in guter Näherung davon ausgegangen werden, dass bei  $\Delta v = 0$  die gesamte kinetische Energie in Deformationsarbeit  $W_{Def}$  umgesetzt wird. Aus der Energiebilanz ergibt sich somit

$$m_0 = 2 \cdot \frac{W_{Def}}{v_0^2},$$

das heißt in verallgemeinerter Form eine lineare Beziehung zwischen einem Massenparameter  $m_0$  und dem Quotienten aus der Deformationsarbeit  $W_{Def}$  und dem Quadrat der Intrusionsgeschwindigkeit  $v_0^2$ :

$$m_0 = k \cdot \frac{W_{Def}}{v_0^2},$$

wobei  $k$  eine Konstante ist.

[0078] **Fig. 4** zeigt eine schematische Darstellung eines weiteren Objekts 10 nach dem Aufprall auf ein Fahrzeug 12. Bei dem hier dargestellten Objekt 10 kann es sich beispielsweise um das deformierbare Bein eines Fußgängers handeln. Geht man von einer solchen Deformierbarkeit des Objekts 10 aus, so setzt sich die Deformationsarbeit aus der im Fahr-

zeug 12 deponierten Deformationsarbeit und der im Bein 10 deponierten Deformationsarbeit zusammen, das heißt:

$$W_{\text{Def}} = W_{\text{Def/Fahrzeug}} + W_{\text{Def/Fußgänger}}$$

[0079] In guter Näherung kann auf der Grundlage diese Beziehung eine effektive Masse  $m_{\text{eff}}$  über einen Dynamikfaktor definiert werden, so dass

$$m_{\text{eff}} = f_{\text{dyn}} \cdot m_0.$$

[0080] Fig. 5 zeigt ein Flussdiagramm zur Erläuterung eines erfindungsgemäßen Verfahrens. Nach einem Triggersignal, das in Schritt S01 aufgrund eines Aufpralls eines Objekts erzeugt wird, werden in den Schritten S02, S03, S04, S05 und S06 unterschiedliche Messwerte erfasst. In Schritt S02 wird die Anzahl der ansprechenden Sensoren erfasst. In Schritt S03 wird die Intrusionslänge auf der Grundlage einer Summation von drei Signalmaxima bestimmt. In Schritt S04 wird auf der Grundlage einer Zeitinformation die Intrusionsgeschwindigkeit ermittelt. Dynamische Besonderheiten des Aufpralls werden in Schritt S05 erfasst, insbesondere das Deformationsverhalten des auflaufenden Objekts. In Schritt S06 wird die Anzahl der Hauptmaxima der von den Sensoren erfassten Signale bestimmt.

[0081] Ausgehend von den in den Schritten S02, S03 und S04 bestimmten Parametern wird in Schritt S07 die Masse  $m_0$  gemäß der Beziehung

$$m_0 = k \cdot \frac{W_{\text{Def}}}{V_0^2}$$

ermittelt.

[0082] Ausgehend von diesem Berechnungsergebnis wird in Schritt S08 unter weiterer Berücksichtigung der dynamischen Kriterien aus Schritt S05 die effektive Masse  $m_{\text{eff}}$  gemäß der Beziehung

$$m_{\text{eff}} = f_{\text{dyn}} \cdot m_0.$$

ermittelt. Dieser effektive Massenparameter wird im weiteren Ablauf des Verfahrens verwendet. Ebenso ist es aber auch möglich, ohne Abgleich der Masse unter Berücksichtigung dynamischer Kriterien die direkt in Schritt S07 bestimmte Masse  $m_0$  als Kriterium bei den nachfolgenden Entscheidungen zu verwenden.

[0083] In Schritt S09 wird bestimmt, ob die effektive Masse  $m_{\text{eff}}$  in einem Massenfenster zwischen 5 kg und 20 kg liegt. Ist dies nicht der Fall, so wird entschieden, dass ein Fußgängerschutz nicht aktiviert wird ("nicht feuern").

[0084] Liegt hingegen die effektive Masse in dem vorgegebenen Intervall, so wird in Schritt S10 bestimmt, ob die Intrusionsgeschwindigkeit in einem vorgegebenen Geschwindigkeitsfenster zwischen 20 km/h und 60 km/h liegt. Ist die Intrusionsgeschwindigkeit kleiner als 20 km/h beziehungsweise größer als

60 km/h, so wird der Fußgängerschutz nicht aktiviert. [0085] Liegt die Intrusionsgeschwindigkeit innerhalb des vorgegebenen Geschwindigkeitsfensters, so kann in Schritt S11 noch geprüft werden, ob es sich unter Berücksichtigung der aus Schritt S05 bereitgestellten dynamischen Kriterien mit großer Wahrscheinlichkeit beispielsweise um ein Bein handelt. Handelt es sich nicht um ein Bein, so kann der Fußgängerschutz, eventuell bei einem Rollstuhl nicht ausgelöst werden. Wird in Schritt S11 bestimmt, dass der Aufprall durch ein Bein bewirkt wurde, so kann zu Schritt S12 übergegangen werden. Die spezielle Auswertung in Schritt S11 kann bei fein abgestimmten Systemen eine zusätzliche Information bieten, wobei jedoch grundsätzlich eine Entscheidung allein auf der Grundlage des Massenparameters und der Intrusionsgeschwindigkeit in den meisten Fällen ausreichend ist.

[0086] Im Anschluss an eine positive Entscheidung aus Schritt S11 wird in Schritt S12 noch auf der Grundlage eines Vergleichs der Sensoranzahl aus Schritt S02 und der Anzahl der Hauptmaxima S06 ermittelt, ob der Aufprall mit großer Wahrscheinlichkeit durch ein anderes Objekt als durch das vorgegebene Objekt, beispielsweise durch ein Bein, bewirkt wurde. Wurde der Aufprall durch ein anderes Objekt bewirkt, so wird das Fußgängerschutzsystem nicht aktiviert. Wird jedoch ermittelt, dass es sich mit großer Wahrscheinlichkeit nicht um ein anderes Objekt handelt, so wird der Fußgängerschutz aktiviert.

[0087] Fig. 6 zeigt eine Kontaktsensoranordnung und ein eindringendes Objekt. Ein Objekt 10 kann beim Aufprall auf die Sensoren 14 eine bestimmte Deformation der Sensoren 14 bewirken, die in charakteristischer Weise von der Form des Objektes 10 abhängt. Die Sensoren 14<sub>1</sub>, 14<sub>2</sub>, 14<sub>3</sub>, 14<sub>9</sub>, 14<sub>5</sub>, 14<sub>6</sub> werden in unterschiedlicher Weise durch den Aufprall des Objekts 10 deformiert, so dass diese auch unterschiedliche Signalintensitäten  $s_1$ ,  $s_2$ ,  $s_3$ ,  $s_4$ ,  $s_5$  und  $s_6$  liefern. Legt man die Sensoren 14 so aus, dass sie bei größerer Verformung eine größere Signalintensität liefern, so kann im vorliegenden graphisch dargestellten Beispiel gelten, dass die Signalintensität  $s_2$  des Sensors 14<sub>2</sub> in etwa  $n$  mal so groß ist wie die Signalintensität  $s_1$  des Sensors 14<sub>1</sub>. Zusätzlich gilt, dass die Signalintensität  $s_3$  des Sensors 14<sub>3</sub> in etwa  $m$  mal so groß ist wie die Signalintensität  $s_1$  des Sensors 14<sub>1</sub>, wobei  $n$  und  $m$  bekannte Faktoren sind, beispielsweise 2 und 4. Gleiches gilt für die Beziehung der Signalintensitäten  $s_4$ ,  $s_5$ ,  $s_6$  der Sensoren 14<sub>9</sub>, 14<sub>5</sub>, 14<sub>6</sub>. Somit liegt in diesem vereinfachten Beispiel eine charakteristische Beziehung zwischen den Signalintensitäten vor, die ebenso charakteristisch für eine bestimmte Objektart sein kann, beispielsweise das Bein eines Fußgängers.

[0088] Fig. 7 zeigt drei Beispiele von Kontaktsensoranordnungen mit mehreren sensitiven beziehungsweise aktiven Bereichen. Es sind Ausschnitte von Sensoren dargestellt, die beispielsweise entlang dem Stoßfänger eines Kraftfahrzeugs angeordnet sein

können. Der Blick in **Fig. 7** ist von vorne auf den Stoßfänger gerichtet. Die einzelnen Sensoren **14a**, **14b**, **14c**, **14d** können eine andere Länge aufweisen als dargestellt. Ebenfalls kann eine andere Anzahl an Einzelsensoren **14a**, **14b**, **14c**, **14d** als dargestellt vorliegen. Jeder einzelne Sensor **14** hat mehrere aktive Sensorbereiche **18**. Beispielsweise können **30** solcher aktiven beziehungsweise sensitiven Sensorbereiche **18** pro Sensor **14** vorgesehen sein.

[0089] In **Fig. 7a** ist eine Anordnung dargestellt, bei der sich die sensitiven Bereiche **18** regelmäßig entlang den Sensoren **14** wiederholen. Weiterhin kann man Sensoranordnungen **22** über die verschiedenen Sensoren definieren, die sich ebenfalls regelmäßig wiederholen. Bei diesem Beispiel wird ein Objekt, das in bestimmter Weise bezüglich irgendeiner der sich wiederholenden Sensoranordnungen **22** auftritt, stets dasselbe Signalmuster erzeugen. Das Signalmuster gibt also keine Information darüber, welche der sich wiederholenden Anordnungen **22** getroffen wurde. Es wird jedoch die Information über die Charakteristik des Aufpralls erfasst.

[0090] In **Fig. 7b** sind die sensitiven Bereiche **18** ebenfalls regelmäßig über die einzelnen Sensoren **14** verteilt. Allerdings sind die Abstände der sensitiven Bereiche **18** auf den einzelnen Sensoren unterschiedlich. Somit würde eine solche Sensoranordnung beim Auftreffen eines Objekts andere Intensitätsmuster liefern, als beim Auftreffen des Objekts auf eine Sensoranordnung gemäß **Fig. 7**, wobei durch geschickte Anordnung der sensitiven Bereiche **18** unterschiedliche Informationen über die Charakteristik des Aufpralls erhalten werden können.

[0091] **Fig. 7c** zeigt noch eine andere Variante der Anordnung sensitiver Bereiche **18** auf den Sensoren **14**, wobei hier besonders zu erwähnen ist, dass sensitive Bereiche **18** mit unterschiedlichen Ausdehnungen vorgesehen sind.

[0092] Neben den in **Fig. 7** angegebenen Anordnungen von Sensoren **14** und sensitiven Bereichen **18** der Sensoren sind zahlreiche weitere Möglichkeiten denkbar, die unterschiedliche Vorteile mit sich bringen können. Beispielsweise ist es möglich, dass die Sensoren **14** nicht geradlinig angeordnet sind, so dass auf diese Weise die sensitiven Bereiche **18** der Sensoren nebeneinander, das heißt in derselben Höhe liegen können.

[0093] **Fig. 8** zeigt eine Draufsicht auf das vordere Ende eines Kraftfahrzeugs zur Erläuterung der Anordnung von Sensoren **14**. Auf einem Querträger **32** ist ein elastischer Schaum **34** angeordnet. Dieser Schaum **34** hat beispielsweise eine Dicke von 60 bis 70 mm. Auf dem Schaum **34** folgen als nächste Schicht die optischen Fasersensoren **14**. Diese können beispielsweise auf einem Stahlband angeordnet sein, so dass insgesamt eine Dicke der Sensorschicht von beispielsweise 1,5 bis 2 mm vorliegt.

[0094] Auf die optischen Fasersensoren **14** kann noch eine Kunststoffaußenhaut folgen, die in der vorliegenden Darstellung nicht gezeigt ist und eine Dicke

von beispielsweise 2 bis 3 mm aufweisen kann.

[0095] **Fig. 9** zeigt eine geschnittene Seitenansicht eines vorderen Endes eines Kraftfahrzeugs zur Erläuterung der Bereitstellung einer Verformbarkeit. Es ist eine Möglichkeit dargestellt, wie der für die Deformation benötigte Deformationsweg zur Verfügung gestellt werden kann, indem nämlich der optische Sensorbereich **14** auf einer auf einem Träger **32** angeordneten Schaumschicht **34**, die für den Schutz des Beines notwendig ist, montiert ist. Über den optischen Sensoren **14** befindet sich eine Kunststoffschicht **40**.

[0096] **Fig. 10** zeigt eine geschnittene Seitenansicht eines vorderen Bereiches eines Kraftfahrzeugs zur Erläuterung einer weiteren Möglichkeit zur Bereitstellung einer Verformbarkeit. Hier ist eine andere Möglichkeit der Anordnung der optischen Sensoren **14** im Fahrzeug dargestellt. Es ist ebenfalls wieder eine Kunststoffschicht **40** als Außenhaut vorgesehen. Darunter befinden sich die Sensoren **14** auf einer Crash-Box **36**. Die Crash-Box stellt bis zu einer gewissen auf sie ausgeübten Kraft ein elastisches Deformationsverhalten zur Verfügung, so dass auf der Grundlage der Deformation der optischen Sensoren **14** eine Detektion erfolgen kann.

[0097] **Fig. 11** zeigt einen Ausschnitt aus einem optischen Fasersensor **30** mit einem sensitiven Bereich in drei verschiedenen Zuständen a, b und c. Der optische Fasersensor **30** hat einen sensitiven Bereich **18**, der durch Oberflächenbehandlung zur Verfügung gestellt werden kann. Durch die Bereitstellung eines solchen sensitiven Bereiches **18** kann die aus dem optischen Fasersensor **30** austretende Lichtintensität in diesem sensitiven Bereich **18** verändert werden. Dies hat zur Folge, dass die austretende Lichtintensität vom Deformationszustand des Fasersensors **30** abhängt. Bei dem Deformationszustand gemäß **Fig. 11a** wird die aus dem sensitiven Bereich **18** austretende Lichtintensität **18** im Vergleich zum nicht deformierten Zustand gemäß **Fig. 11c** erniedrigt. Im Gegensatz hierzu wird bei dem Beispiel gemäß **Fig. 11c** die aus dem sensitiven Bereich **18** austretende Lichtintensität im Vergleich zu dem nicht deformierten Zustand gemäß **Fig. 11b** erhöht.

[0098] **Fig. 12** zeigt eine Anordnung optischer Fasersensoren mit Lichtquelle **44** und Detektoren **46**, **48**. In einem Trägermaterial **42** sind zwei optische Fasersensoren **28**, **30** angeordnet. Der optische Fasersensor **28** ist nicht mit einem sensitiven Bereich ausgestattet, während der optische Fasersensor **30** mit einem sensitiven Bereich **18** versehen ist; dies ist durch die unterbrochene Linie im Trägermaterial **42** angedeutet. Koppelt man nun Licht aus einer Lichtquelle **44** an einem Ende **24** des optischen Fasersensors **30** ein, so wird das Licht durch den optischen Fasersensor **30** geleitet, und es gelangt schließlich mit einer verbleibenden Intensität zum anderen Ende **26** des optischen Fasersensors **30**. Dort kann von einem Detektor **46** die Lichtintensität gemessen werden. Wird nun der sensitive Bereich **18** des optischen

Fasersensors **30** deformiert, so hat dies einen Einfluss auf die in diesem Bereich austretende Lichtintensität und somit auch auf die von dem Detektor **46** bei gegebener eingekoppelter Lichtintensität aus der Lichtquelle **44** nachgewiesene Intensität. Um zuverlässige Messergebnisse zur Verfügung zu stellen, ist es möglich, parallel zu dem optischen Fasersensor **30** einen weiteren optischen Fasersensor **28** anzuordnen, wobei dieser jedoch keinen sensitiven Bereich aufweist. Koppelt man in diesen optischen Leiter **28** Licht aus derselben Lichtquelle **44** ein, die auch für den optischen Fasersensor **30** verwendet wird, so kann das von dem Detektor **48** ausgegebene Intensitätssignal über eine entsprechende elektronische Schaltung, die hier durch einen Verstärker **50** symbolisiert ist, als Eingangssignal für die Lichtquelle **44** und somit zur Darstellung einer Bezugsschaltung verwendet werden. Somit können beispielsweise Schwankungen der von der Lichtquelle **44** abgegebenen Intensität kompensiert werden.

[0099] **Fig. 13** zeigt ein Blockdiagramm zur Erläuterung des Systemaufbaus. Das erfindungsgemäße System ordnet sich in der Weise in ein Gesamtkonzept ein, dass die Sensoranordnung **14** über eine Schnittstelleneinrichtung **52** mit einer elektronischen Steuereinheit **16** kommuniziert. Diese elektronische Steuereinheit **16** kann eine CAN-Schnittstelle umfassen, so dass von der elektronischen Steuereinheit **16** zusätzliche auf dem CAN-Bus zur Verfügung stehende Informationen verarbeitet werden können. Ebenfalls können dem CAN-Bus auf diese Weise von der Sensoranordnung **14** erfasste Informationen eingegeben werden. Die elektronische Steuereinheit **14** steuert eine Leistungselektronik **54** an, die in Abhängigkeit der von der Sensoranordnung **14** erfassten Informationen einen Aktuator **56** betätigen kann. Dieser kann dann im Falle eines Fußgängeraufpralls das in **Fig. 1** dargestellte Aufstellen der Motorhaube bewirken.

[0100] **Fig. 14** zeigt eine Seitenansicht einer bevorzugten Anhebemechanik für ein erfindungsgemäßes Fußgängerschutzsystem in der Ruheposition. Die Sicherheitseinrichtung **110** umfasst eine Betätigungseinrichtung **120** und eine Vorrichtung **130** zum Anheben einer nicht dargestellten Motorhaube eines Kraftfahrzeugs.

[0101] Die Betätigungseinrichtung **120** weist im Wesentlichen eine Druckversorgungseinrichtung **122** und einen Aktor **160** auf, welcher einen radial und axial elastischen Schlauch **160'** umfasst. Die Druckversorgungseinrichtung **122** ist mittels eines Hochgeschwindigkeitsventils **126** mit dem Aktor **160** verbunden. Die Vorrichtung **130** zum Anheben der Motorhaube steht mit der Betätigungsvorrichtung **120** mittels eines Zwischenelements **150** in Verbindung und weist zwei Motorhaube-Halteelemente **132** und **132'** auf, welche als zwei Schenkel einer trapezförmigen Halterung dargestellt sind. Die beiden Hauben-Halteelemente **132** und **132'** sind durch eine Halteelement-Achse **138** beziehungsweise **138'** mit einem

Tragelement **140** schwenkbar verbunden.

[0102] Die Vorrichtung **130** weist weiterhin einen Riegel **134** auf, welcher mittels eines Lagers **136** mit dem Tragelement **140** drehbar verbunden ist und mittels einer Zwischenelement-Achse **152** mit dem Zwischenelement **150** in Verbindung steht. Die Sicherheitseinrichtung ist in einer inaktiven Position dargestellt, bei der die Halteelement-Achse **138** als Riegelgegenstück dient.

[0103] **Fig. 15** zeigt eine Seitenansicht der in **Fig. 14** gezeigten Ausführungsform in der Arbeitsposition. Der Riegel **134** weist einen ersten Riegelteil **134'** auf, welcher eine im Wesentlichen U-förmige Ausbildung hat, sowie einen zweiten Riegelteil **134''**, welcher schienenartig ausgebildet ist. Bei einer Druckbeaufschlagung infolge eines Aufpralls auf das Fahrzeug wird die Sicherheitseinrichtung **110** aktiviert. Hierzu wird das Ventil **126** durch eine hier nicht dargestellte Steuereinheit geöffnet, so dass das in der Druckversorgungseinrichtung **122** bevorratete Druckmedium durch das Ventil **126** in den Schlauch **160'** des pneumatischen Aktors **160** einströmt. Der Durchmesser des Schlauches **160'** vergrößert sich dabei infolge des einströmenden Druckmediums bei einer gleichzeitigen Kontraktion in Längsrichtung des Schlauches **160'**. Das Zwischenelement **150** folgt die Kontraktion des Schlauches **160'**, wobei die Zwischenelement-Achse **152** infolge der Verschiebung in dem zweiten schienenförmig ausgebildeten Teil **134''** des Riegels **134** läuft. Die mit der Zwischenelement-Achse **152** verbundene Halteelement-Achse **138**, welche als Riegelgegenstück dient, gleitet gleichzeitig in dem Schlitz **142**, und somit wird der Riegel **134** in einem Entriegelungszustand gebracht. Bei dieser Drehung und linearen Verschiebung der Halteelement-Achse **138** und der Zwischenelement-Achse wird der schienenförmig ausgebildete Teil **134''** des Riegels **134** in eine Stellung gebracht, die parallel zu dem Schlitz **142** des Tragelements **140** ist. Somit erreichen die Halteelement-Achse **138** und die Zwischenelement-Achse **152** eine Endposition des Schlitzes **142** bzw. des schienenförmigen Teils **134''**. Die Hauben-Halteelemente **132** und **132'** heben bei dieser Drehung und linearen Verschiebung die nicht dargestellte Motorhaube in eine erhöhte Position an, so dass für den Aufprall des Fußgängers zusätzlicher Deformationsweg zur Verfügung gestellt wird.

[0104] **Fig. 16** zeigt eine perspektivische Darstellung einer bevorzugten Anhebemechanik in der Ruheposition. Bei dieser Ausführungsform ist die Haubenhalterung durch das Tragelement **140** und den beiden Hauben-Halteelemente **132** und **132'** gebildet. Das Tragelement **140** weist einen U-förmigen Querschnitt auf, wobei die Hauben-Halteelemente **134**, **134'** derart dimensioniert sind, dass sie zwischen die beiden einander gegenüberliegenden U-Teile des im Querschnitt U-förmigen Tragelementes **140** einbringbar sind.

[0105] **Fig. 17** zeigt eine vergrößerte perspektivi-

sche Darstellung der Vorrichtung zum Anheben der Motorhaube gemäß Fig. 16 in Ruheposition. Das Tragelement 140 weist seitlich Schlitz 142 auf, in welchen die Zwischenelement-Achse 152 bei Betätigung der Vorrichtung 130 gleitet. Bei dieser Figur ist eine Achsenverbindung 154 dargestellt, welche die Halteelement-Achse 138 und die Zwischenelement-Achse 152 verbindet. Beim Anheben der Motorhaube drehen sich die beiden Achsen 138 und 152 im Uhrzeigersinn, wie durch den Pfeil gezeigt.

[0106] Fig. 18 zeigt eine vergrößerte perspektivische Darstellung der Vorrichtung zum Anheben der Motorhaube mit einem Zwischenelement gemäß Fig. 16 in der Arbeitsposition. Durch die Achsenverbindung 154 wird erreicht, dass die Halteelement-Achse 138 exakt in dem Schlitz 142 des Tragelements 140 gleitet. Gleichzeitig wird erreicht, dass die Zwischenelement-Achse 152 in der Schiene des schienenförmigen Teils 134" des Riegels 134 gleitet. In der Arbeitsposition liegt der schienenförmige Teil 134" des Riegels parallel zu dem Schlitz 142 des Tragelements 140. Dabei werden sowohl der Schlitz 142, als auch der Teil 134" derart aufeinander abgestimmt, dass die Halteelement-Achse 138 und die Zwischenelement-Achse 152 bis zur Endposition in dem Schlitz 142 bzw. in der Schiene des schienenförmigen Teils 134" laufen.

[0107] Fig. 19 zeigt eine vergrößerte perspektivische Darstellung der Vorrichtung zum Anheben der Motorhaube mit einem Zwischenelement gemäß Fig. 16 in der Endposition. Die Halteelement-Achse 138 und die Zwischenelement-Achse 152 befinden sich an einem der Betätigungsvorrichtung zugewandten Ende des Schlitzes 142 bzw. des schienenförmigen Teils 134". Die Teile 134' und 134" des Riegels 134 sind bei dieser Ausführungsform derart ausgebildet, dass der Winkel  $\alpha$  größer als 90° ist.

[0108] Die Fig. 20 und 21 zeigen perspektivische Darstellungen einer Betätigungsvorrichtung 120 in einer ersten Ausführungsform in der Ruheposition jeweils ohne und mit einem Druckspeicher 128, welcher zur Reduzierung des Totvolumens in dem Schlauch 160' angeordnet ist.

[0109] Die Fig. 22 und 23 zeigen perspektivische Darstellungen einer Betätigungsvorrichtung 120 in einer zweiten Ausführungsform in der Ruheposition jeweils ohne und mit einer Pendelanbindung 170. Bei dieser Ausführungsform ist der Druckspeicher 128 zwischen der Mikropumpe 124 und dem Ventil 126 angeordnet.

[0110] Die Erfindung lässt sich wie folgt zusammenfassen. Ein Fußgängerschutzsystem umfasst eine Sensorik 14, 30, eine Auswerteeinheit 16 und eine Anhebemechanik 110 für eine Motorhaube. Indem beim Aufprall eines Objekts die Deformationsarbeit ermittelt wird und die Intrusionsgeschwindigkeit bestimmt wird, kann ein die Masse des Objekts kennzeichnender Parameter ermittelt werden. Der Fußgängerschutz erfolgt durch Anheben der Motorhaube, da auf diese Weise zusätzlicher Deformations-

weg für einen aufschlagenden Fußgänger zur Verfügung gestellt wird. Ob dieser Fußgängerschutz aktiviert werden darf, wird von der Masse und vorzugsweise der Intrusionsgeschwindigkeit sowie von weiteren Größen abhängig gemacht.

[0111] Die in der vorstehenden Beschreibung, in den Zeichnungen sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung wesentlich sein.

## Patentansprüche

1. Fußgängerschutzsystem für ein Fahrzeug, mit
  - einer Sensorik (14, 30) zum Erfassen einer durch einen Aufprall eines Objekts (10) auf das Fahrzeug (12) bewirkten Deformation,
  - Mitteln (16) zum Auswerten der von der Sensorik (14, 30) gelieferten Signale, so dass Informationen über die Charakteristik des Aufpralls geliefert werden können, und
  - einer Vorrichtung (130) zum Anheben einer Haube, insbesondere einer Motorhaube, des Fahrzeugs (12), die in Abhängigkeit der Informationen über die Charakteristik des Aufpralls betätigt werden kann, **dadurch gekennzeichnet**,
  - dass die Mittel (16) zum Auswerten der bewirkten Deformationen eine Deformationsarbeit ermitteln können,
  - dass die Mittel (16) zum Auswerten unter Berücksichtigung von Zeitinformation, die von der Sensorik (14, 30) erfasst wird, eine Intrusionsgeschwindigkeit des Objekts (10) ermitteln können,
  - dass unter Berücksichtigung der Deformationsarbeit und der Intrusionsgeschwindigkeit ein die Masse des Objekts (10) kennzeichnender Parameter ermittelbar ist und
  - dass die Intrusionsgeschwindigkeit und die Masse des Objekts (10) berücksichtigt werden, um zu entscheiden, ob die Vorrichtung (30) zum Anheben der Haube betätigt wird.

2. Fußgängerschutzsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (16) zum Auswerten die Deformationsarbeit auf der Grundlage einer gespeicherten Tabelle und/oder Berechnung ermitteln.

3. Fußgängerschutzsystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der die Masse des Objekts (10) kennzeichnende Parameter ( $m_0$ ) nach der Beziehung

$$m_0 = k \cdot \frac{W_{Def}}{v_0^2}$$

berechenbar ist, wobei

$m_0$ : Masse,

$W_{Def}$ : Deformationsarbeit,

$v_0$ : Intrusionsgeschwindigkeit, beim ersten Kontakt zu einem Zeitpunkt  $t_0$ ,

k: Konstante.

4. Fußgängerschutzsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass aus dem die Masse des Objekts (10) kennzeichnenden Parameter ( $m_0$ ) eine effektive Masse ( $m_{\text{eff}}$ ) nach der Beziehung

$$m_{\text{eff}} = f_{\text{dyn}} \cdot m_0$$

berechenbar ist, wobei

$m_0$ : Masse,

$m_{\text{eff}}$ : effektive Masse,

$f_{\text{dyn}}$ : Dynamikfaktor.

5. Fußgängerschutzsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, – dass bei einer Masse  $m_0$  beziehungsweise einer effektiven Masse ( $m_{\text{eff}}$ ) zwischen ca. 5 kg und 20 kg ein Aktivieren eines Fußgängerschutzes möglich ist und – dass bei einer Masse ( $m_0$ ) beziehungsweise einer effektiven Masse ( $m_{\text{eff}}$ ) kleiner als ca. 5 kg und größer als 20 kg ein Aktivieren eines Fußgängerschutzes verhindert wird.

6. Fußgängerschutzsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, – dass bei einer Intrusionsgeschwindigkeit zwischen ca. 20 km/h und 60 km/h ein Aktivieren eines Fußgängerschutzes möglich ist und – dass bei einer Intrusionsgeschwindigkeit kleiner als ca. 20 km/h und größer als 60 km/h ein Aktivieren eines Fußgängerschutzes verhindert wird.

7. Fußgängerschutzsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensorik mehrere Sensoren (14, 30) mit mehreren sensitiven Bereichen (18) umfasst, wobei sich die sensitiven Bereiche (18) an verschiedenen Orten des Fahrzeugs (12), insbesondere der Fahrzeugfront, befinden.

8. Fußgängerschutzsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoren (14, 30) beziehungsweise die sensitiven Bereiche (18) der Sensoren (14, 30) entlang einem Stoßfänger (20) des Fahrzeugs (12) angeordnet sind.

9. Fußgängerschutzsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die einem Sensor (14, 30) zugehörigen sensitiven Bereiche (18) in regelmäßigen Abständen entlang einem Stoßfänger (20) des Fahrzeugs (12) angeordnet sind.

10. Fußgängerschutzsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sensitive Bereiche (18) benachbarter Sensoren (14a, 14b, 14c, 14d) zueinander versetzt bezie-

hungsweise nebeneinander angeordnet sind, so dass beim Aufprall eines Objekts (10) von benachbarten Sensoren (14a, 19b, 14c, 14d) Signale mit unterschiedlichen Intensitäten geliefert werden.

11. Fußgängerschutzsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, – dass die Sensoren (14) optische Fasersensoren (30) sind, an deren einem Ende (24) Licht eingekoppelt werden kann und an deren anderem Ende (26) die Intensität von austretendem Licht gemessen werden kann, – dass die sensitiven Bereiche (18) der Sensoren (14) durch Veränderung der Oberfläche der optischen Fasersensoren (30) geschaffen sind und – dass in Abhängigkeit der Deformation der sensitiven Bereiche (18) mehr oder weniger Licht aus den sensitiven Bereichen (18) ausgekoppelt werden kann, so dass die gemessene Intensität von austretendem Licht als Maß für die Deformation der sensitiven Bereiche (18) verwendet werden kann.

12. Fußgängerschutzsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, – dass eine Betätigungsvorrichtung (120) vorgesehen ist, welche eine Druckversorgungseinrichtung (122) und einen mit der Druckversorgungseinrichtung (122) mittels eines Ventils (126) verbundenen Aktor (160), insbesondere einen pneumatischen Aktor aufweist, – dass die Vorrichtung (130) zum Anheben der Haube mit der Betätigungsvorrichtung (120) verbindbar ist und durch Druckbeaufschlagung des Aktors (160) betätigbar ist und – dass die Vorrichtung (130) zum Anheben der Motorhaube wenigstens ein Hauben-Halteelement (132, 132') und wenigstens einen Riegel (134) aufweist, wobei bei Betätigung der Vorrichtung (130) das Hauben-Halteelement (132, 132') in eine Entriegelungsstellung verstellbar ist.

13. Fußgängerschutzsystem nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Betätigungsvorrichtung (120) und die Vorrichtung (130) zum Anheben der Motorhaube mittels eines Zwischenelementes (150) miteinander verbunden sind.

14. Fußgängerschutzsystem nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Hauben-Halteelement (132, 132') um eine Halteelement-Achse (138) schwenkbar ist und mit einem Tragelement (140) verbunden ist, wobei das Tragelement (140) wenigstens einen, vorzugsweise zwei Schlitze (142) aufweist, in dem die Halteelement-Achse (138) in einen Entriegelungs- beziehungsweise einen Verriegelungszustand gleitet.

15. Fußgängerschutzsystem nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Schlitz (142) an einem Ende des Tragelementes (140) vorgesehen

ist, welches der Betätigungsvorrichtung (120) zugewandt ist, wobei der Schlitz (142) derart dimensioniert ist, dass seine Länge der Verkürzung des Aktors (160) bei einer Druckbeaufschlagung im Wesentlichen entspricht.

16. Fußgängerschutzsystem nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass der wenigstens eine Riegel (134) derart ausgebildet ist, dass ein erster Teil (134') des Riegels (134) im Wesentlichen U-förmig ausgebildet ist und mit dem Tragelement (140) schwenkbar verbunden ist und ein zweiter Teil (134'') des Riegels (134) mittels einer Zwischenelement-Achse (152) mit dem Zwischenelement (150) verbindbar ist.

17. Fußgängerschutzsystem nach 16, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Teil des wenigstens einen Riegels (134) schienenförmig ausgebildet ist und die Zwischenelement-Achse (152) bei einer Druckbeaufschlagung in der Schiene läuft.

18. Fußgängerschutzsystem nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Halteelement-Achse (138) und die Zwischenelement-Achse (152) an ihren beiden Enden fest mittels mindestens einer Achsenverbindung (154) miteinander verbunden sind.

19. Fußgängerschutzsystem nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Teil (134'') des wenigstens einen Riegels (134) einteilig mit dem ersten im Wesentlichen U-förmigen Teil (134') des Riegels (134) ausgebildet ist, wobei der zweite Teil (134'') als Verlängerung von einem der einander gegenüberliegenden U-Teile ausgebildet ist und in Bezug auf diesen U-Teil einen Winkel  $\alpha$  einschließt, wobei  $\alpha$  gleich oder vorzugsweise größer als  $90^\circ$  ist.

20. Fußgängerschutzsystem nach einem der Ansprüche 14 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass ein zweites Hauben-Halteelement (132') vorgesehen ist, welches an einem der Betätigungsvorrichtung (120) abgewandten Ende des Tragelements (140) schwenkbar befestigt ist, wobei die beiden Hauben-Halteelemente (132, 132') synchron betätigbar sind.

21. Fußgängerschutzsystem nach einem der Ansprüche 16 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass das U-förmige Teil (134') des Riegels (134) und die Halteelement-Achse (138) derart dimensioniert sind, dass in Verriegelungsposition die Halteelement-Achse (138) mit dem U-förmigen Teil (134') des Riegels (134) form- und/oder kraftschlüssig zusammenwirkt.

22. Fußgängerschutzsystem nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Hauben-Halteelemente (132, 132') derart miteinander

verbunden sind, dass eine trapezförmige Haubenhalterung gebildet ist.

23. Fußgängerschutzsystem nach einem der Ansprüche 12 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckversorgungseinrichtung (122) der Betätigungsvorrichtung (120) eine Pumpe (124), insbesondere eine Mikropumpe, und einen zwischen der Pumpe (124) und dem Ventil (126) angeordneten Druckspeicher (128) aufweist, wobei das Ventil (126) ein Hochgeschwindigkeitsventil ist.

24. Fußgängerschutzsystem nach einem der Ansprüche 12 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckversorgungseinrichtung (122) der Betätigungsvorrichtung (120) eine Pumpe, insbesondere eine Mikropumpe (124) aufweist, welche mit dem Ventil (126) verbunden ist, wobei ein Druckspeicher (128) vorgesehen ist, welcher sich zur Reduzierung des von der Druckversorgungseinrichtung (122) beanspruchten Bauraums in den Aktor (160) erstreckt.

25. Fußgängerschutzsystem nach einem der Ansprüche 13 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass der Aktor (160) einerseits fest mit der Druckversorgungseinrichtung (122) verbunden ist, wobei vorzugsweise eine Pendelanbindung vorgesehen ist, und andererseits mittels des Zwischenelements (150) mit der Betätigungseinrichtung (120) verbunden ist.

26. Fußgängerschutzsystem nach einem der Ansprüche 12 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass der Aktor (160) durch Druckluft, Gas oder Flüssigkeit betätigbar ist.

27. Verfahren zum Schutz von Fußgängern zur Durchführung mit einem Fußgängerschutzsystem nach einem der vorangehenden Ansprüche.

Es folgen 16 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

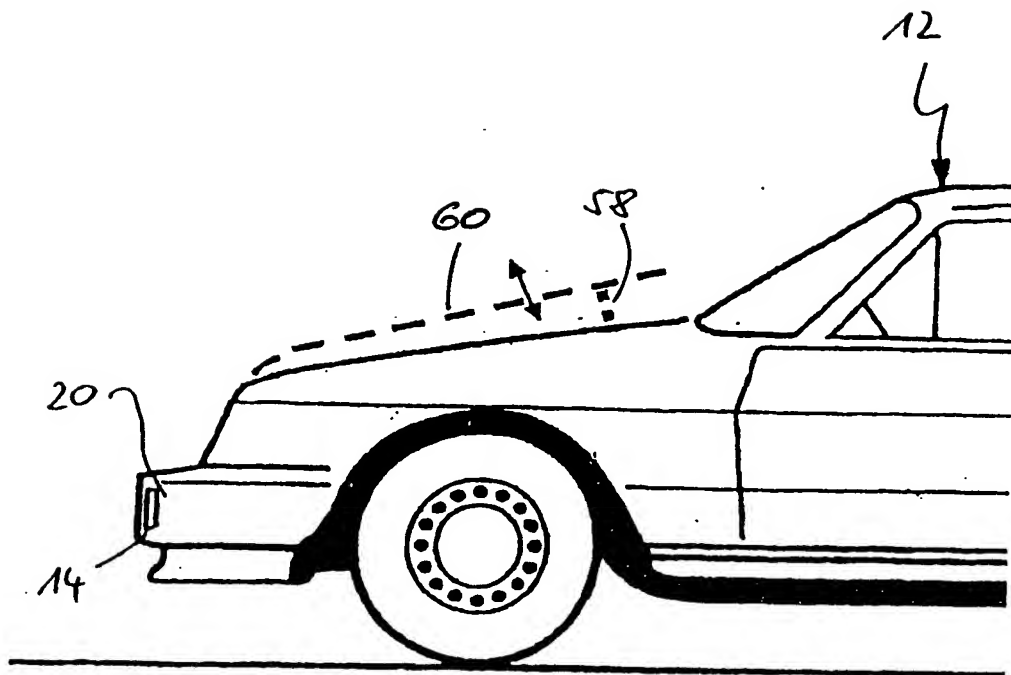


Fig. 2

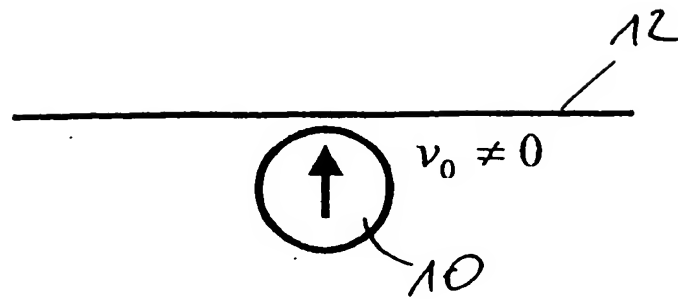


Fig. 3

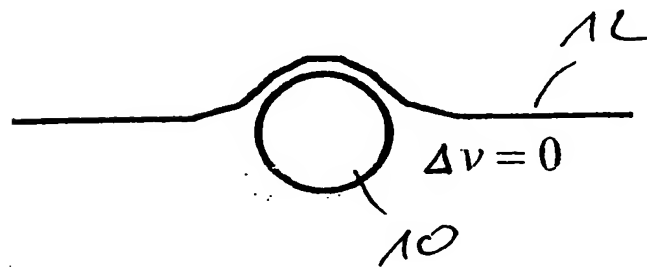


Fig. 4



Fig. 5

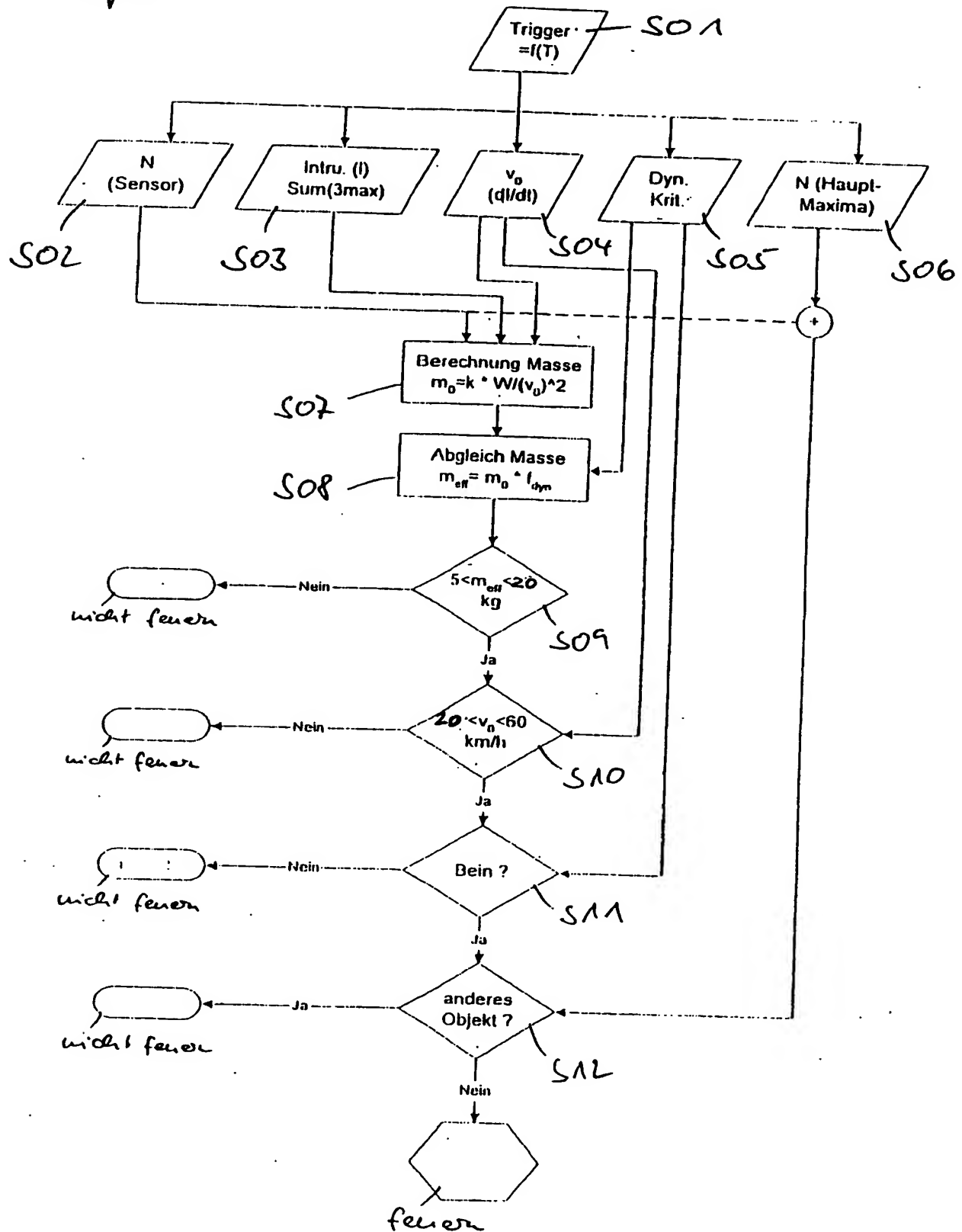


Fig. 6

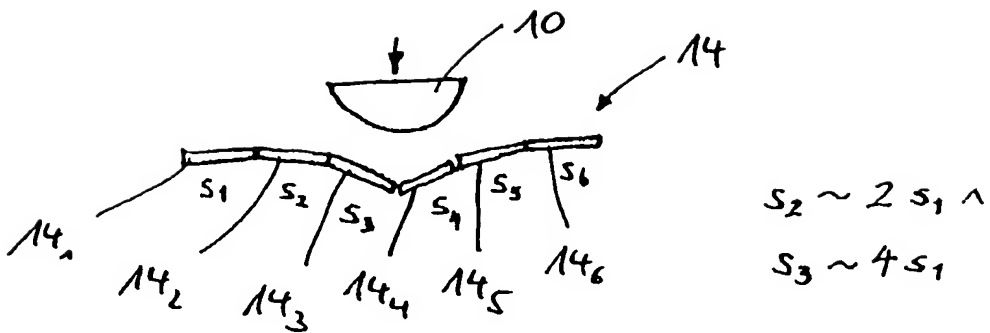


Fig. 7

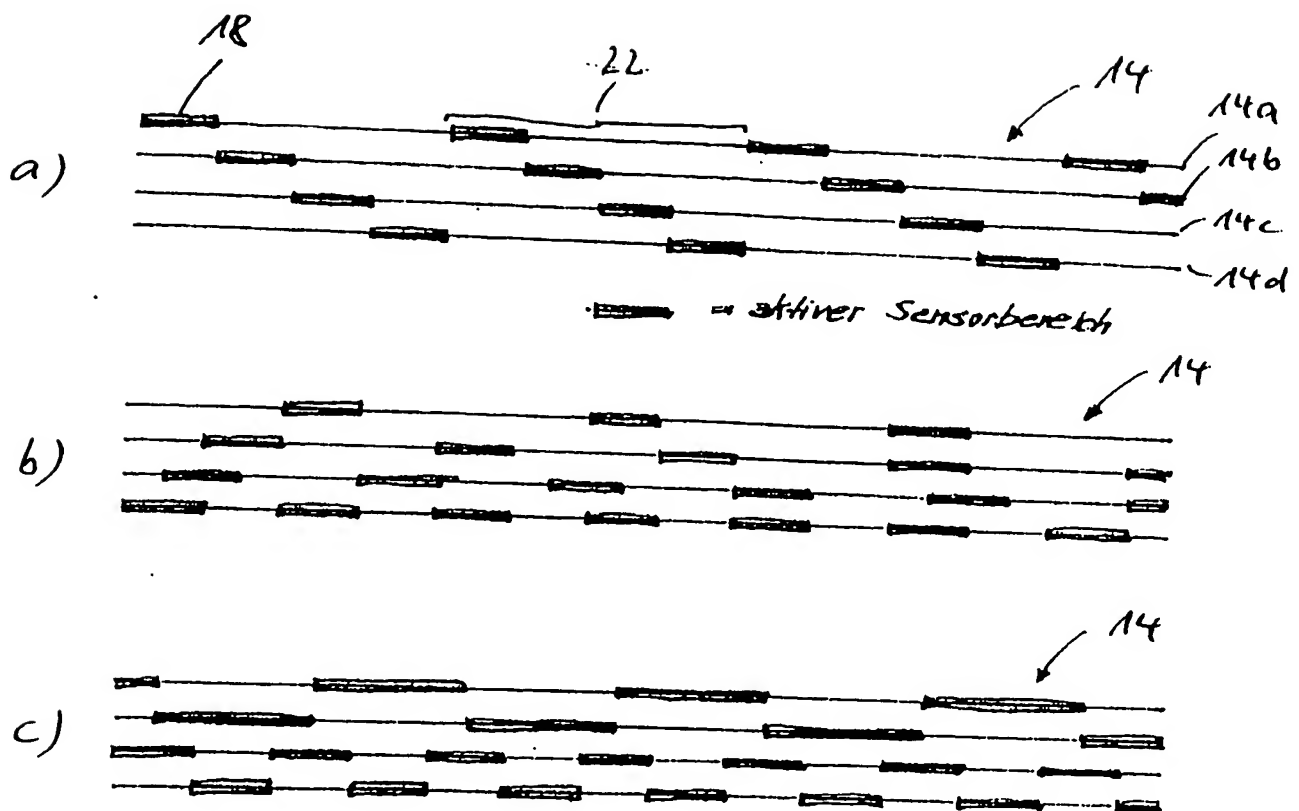


Fig. 8

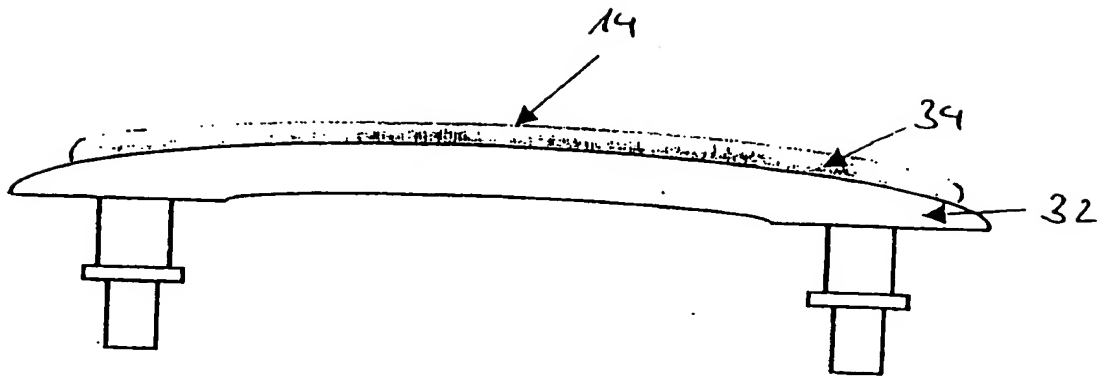


Fig. 9

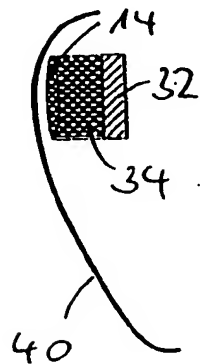


Fig. 10

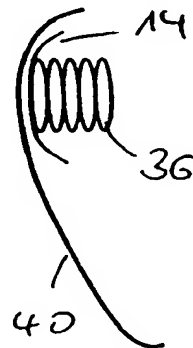


Fig. 11

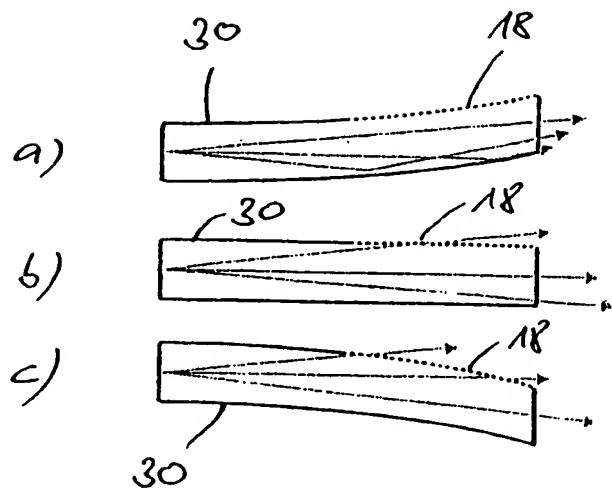


Fig. 12

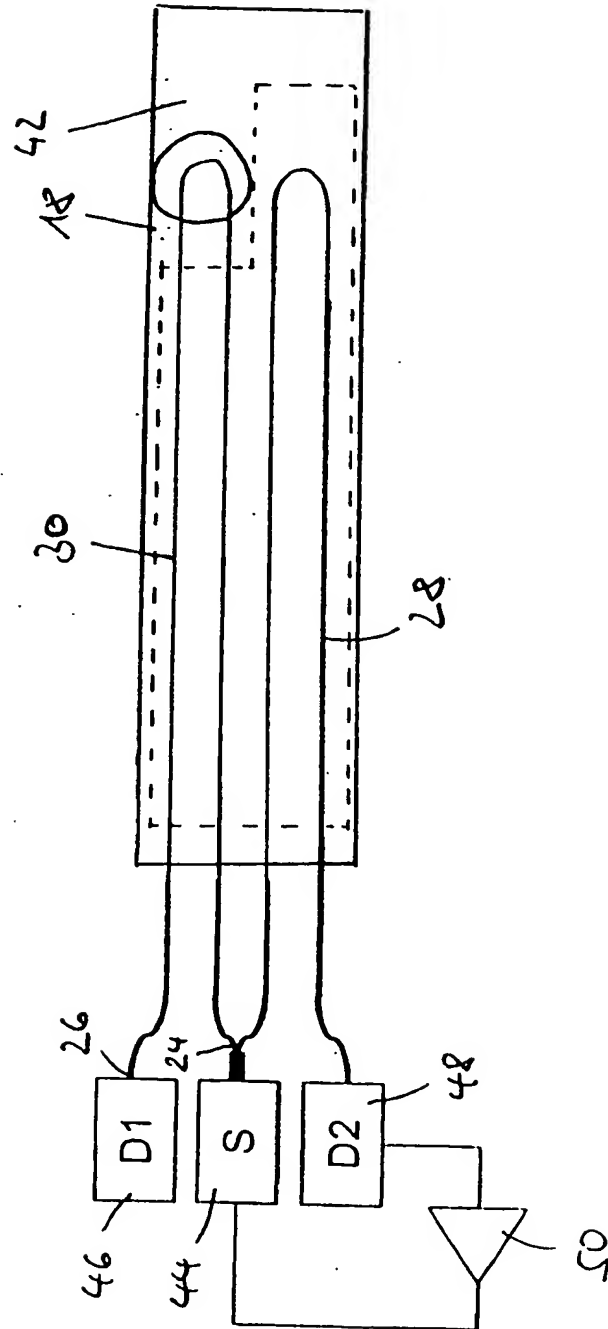
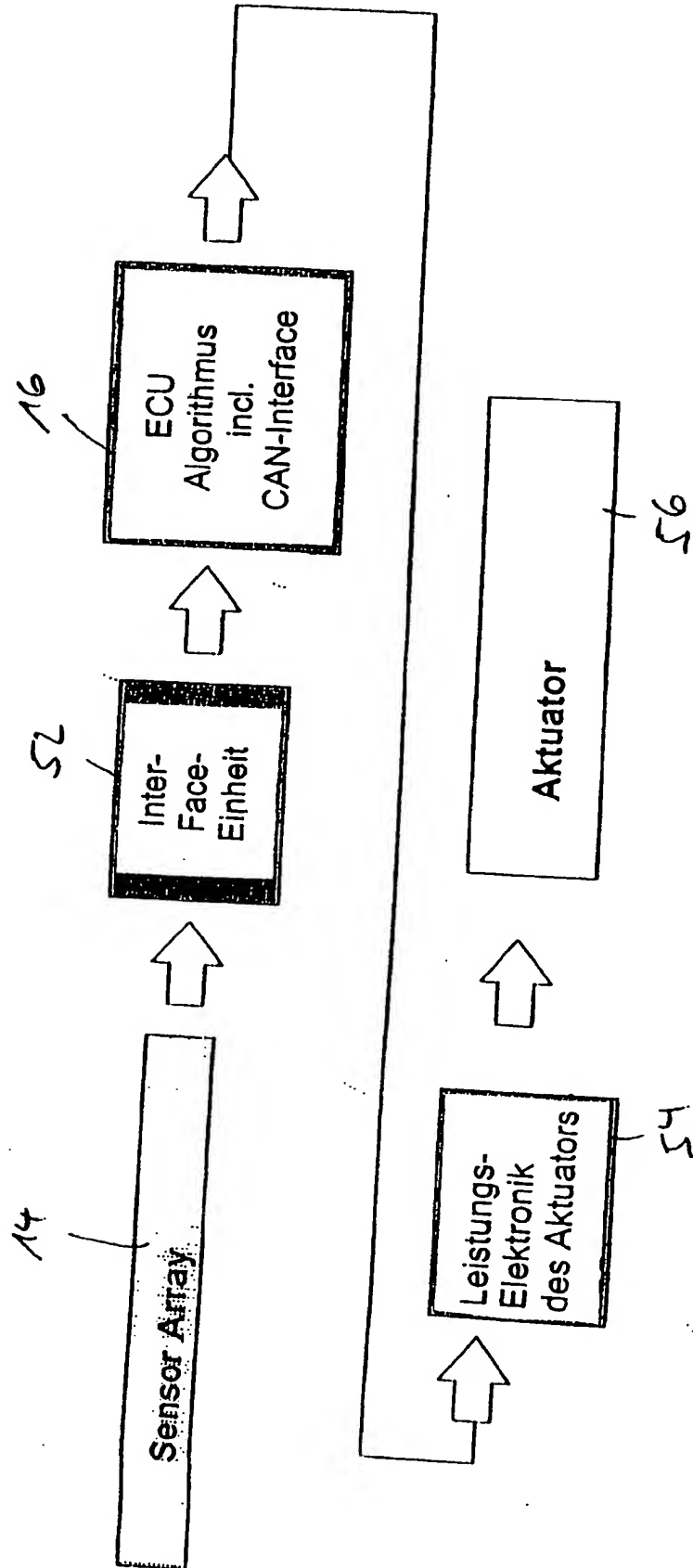


Fig. 13



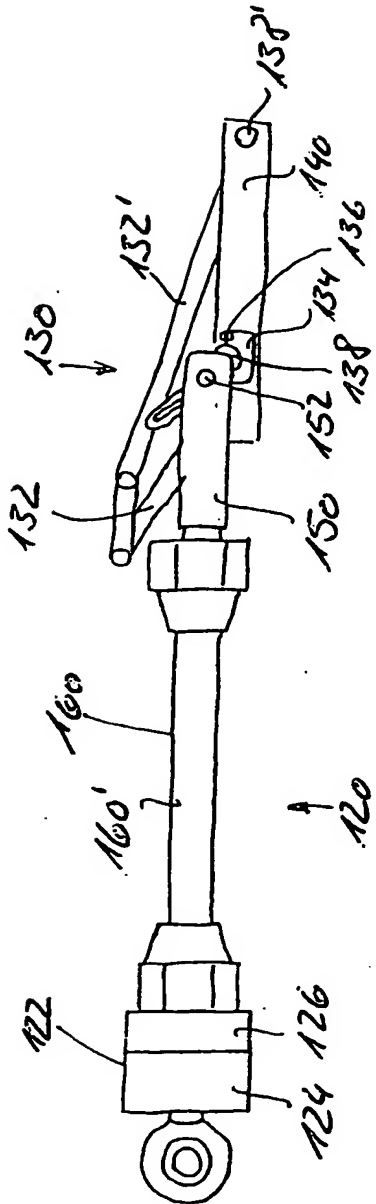


Fig. 14

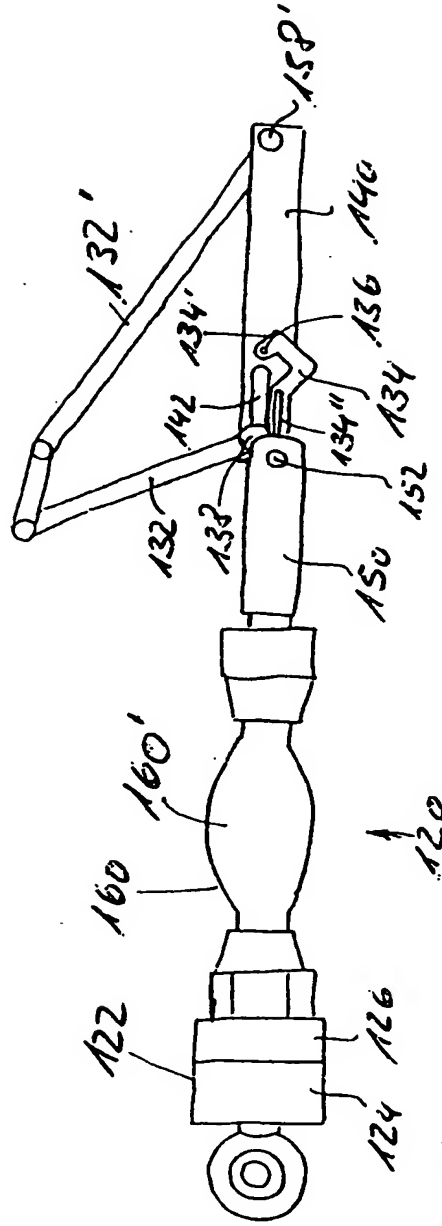


Fig. 15

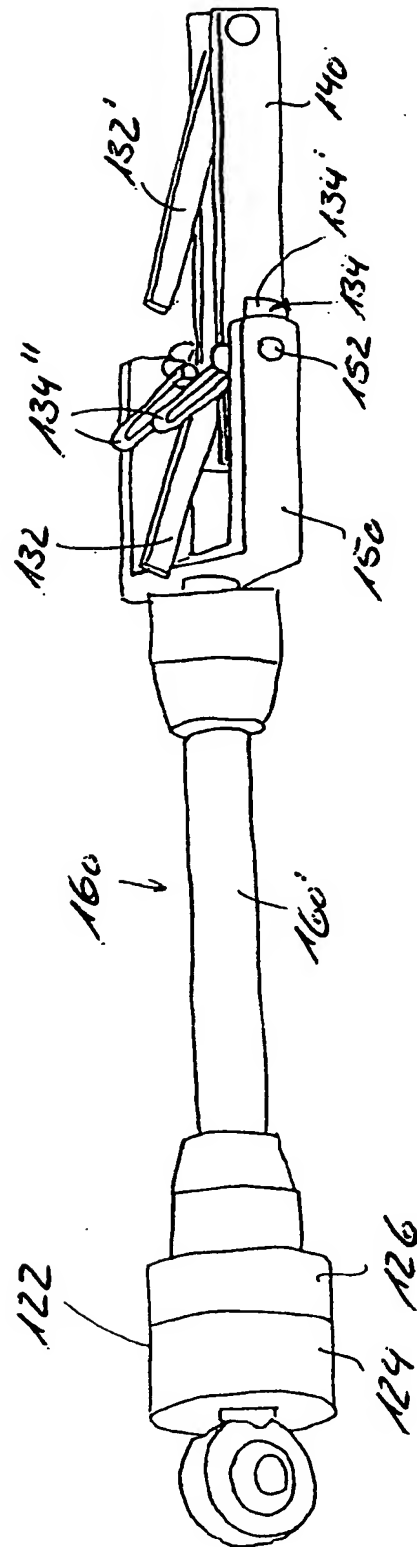


Fig. 16

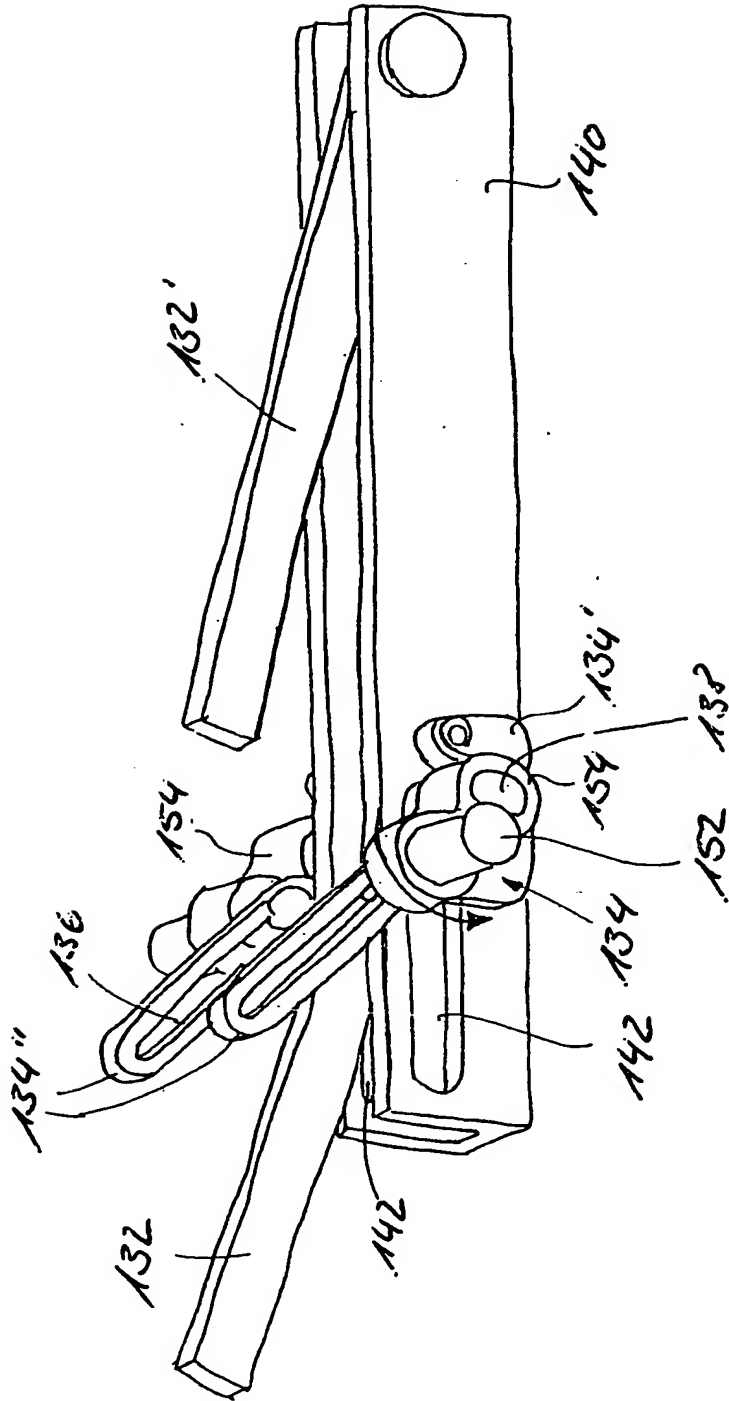


Fig. 17

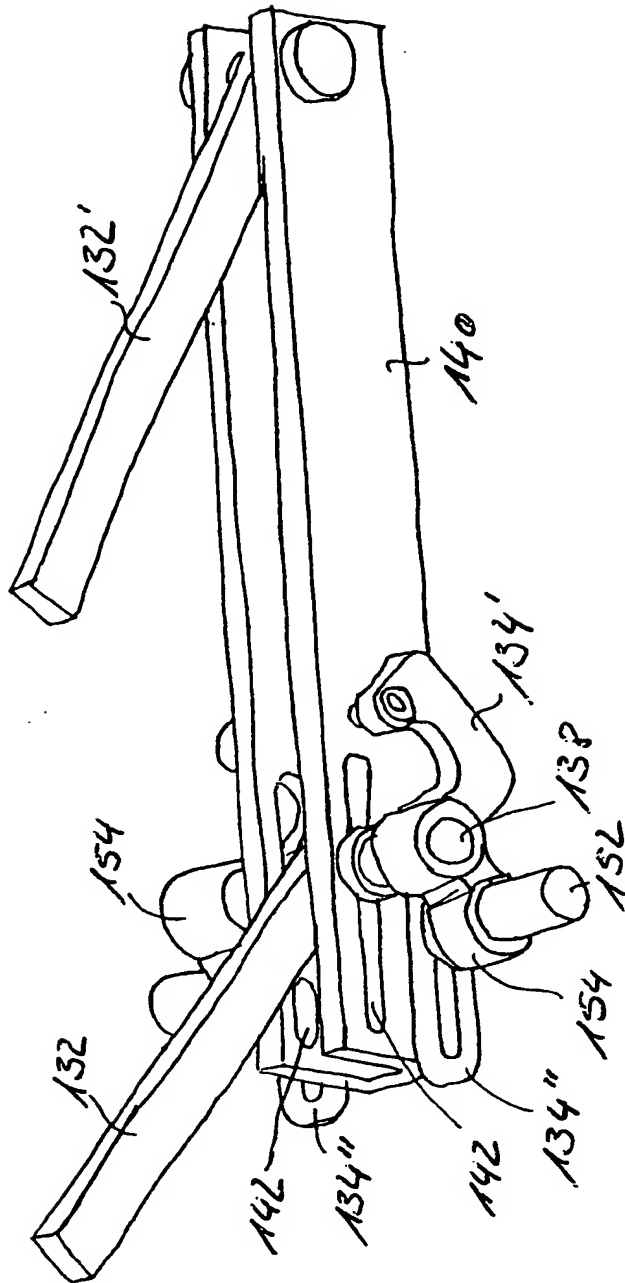


Fig. 18

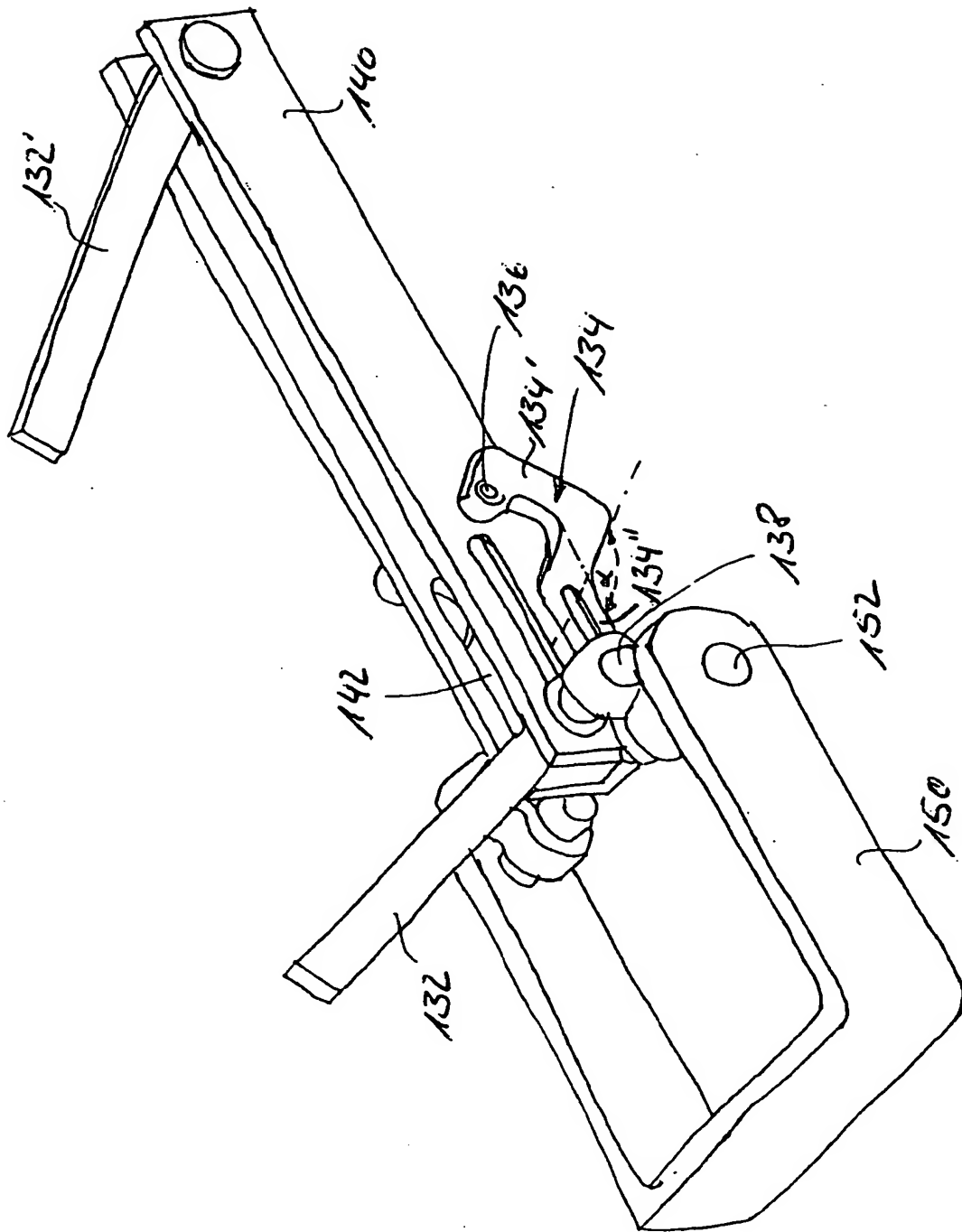


Fig. 19

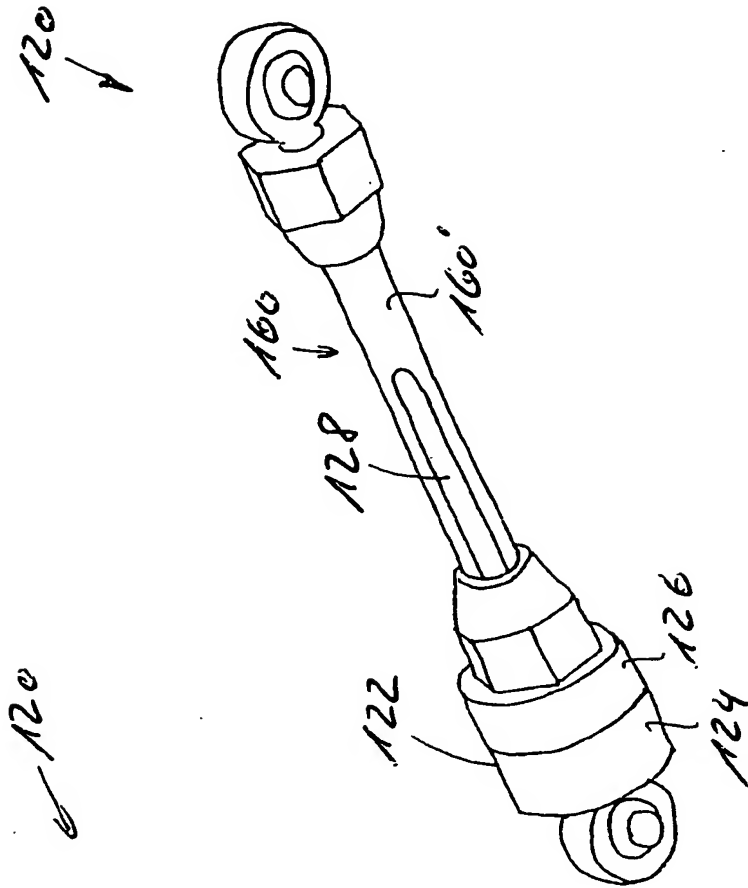


Fig. 21

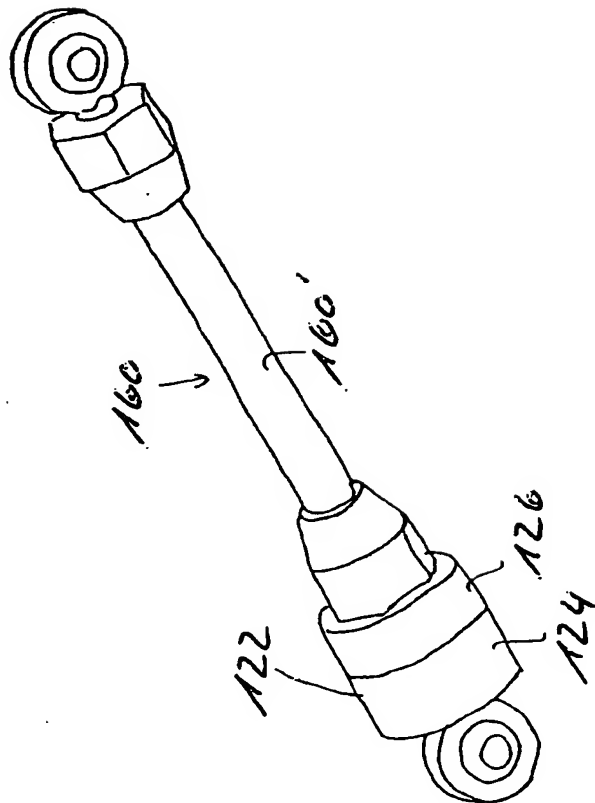
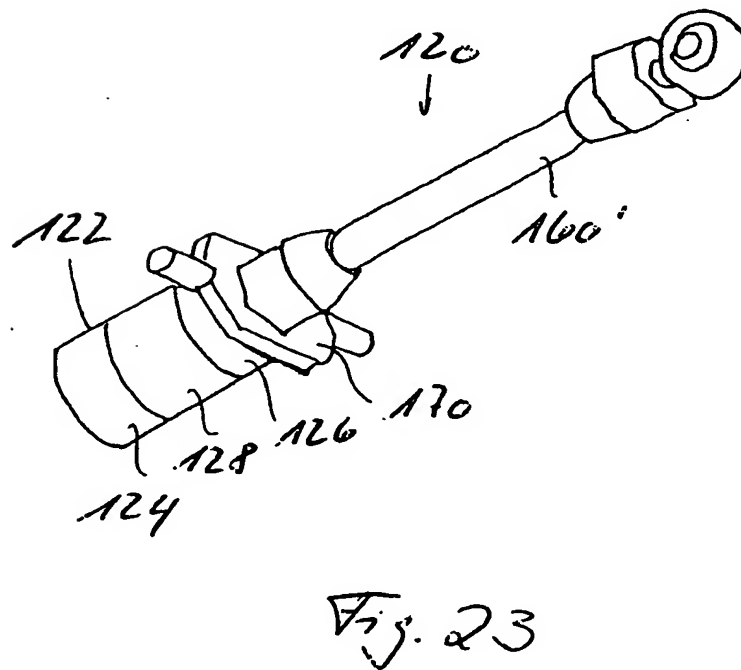
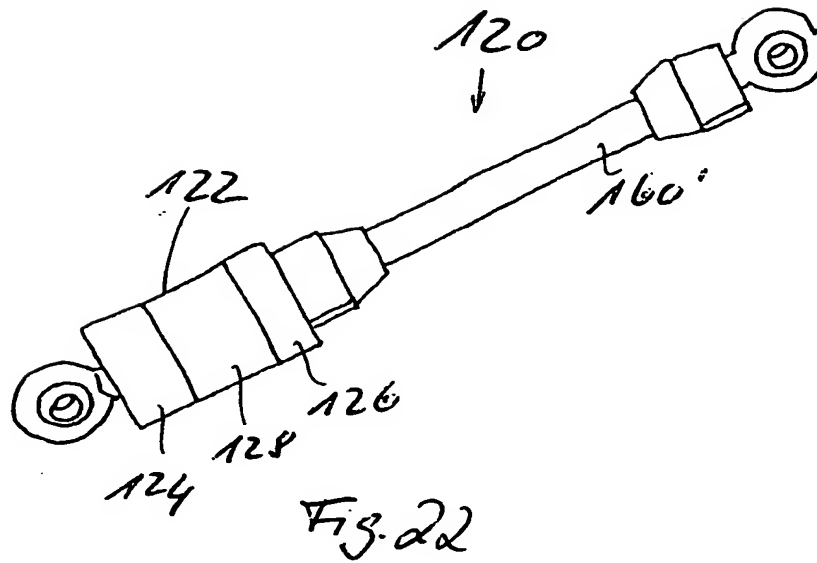


Fig. 20



This Page Blank (uspto)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

This Page blank (uspto)